

LA REPRESENTACIÓN DE LA LUZ NATURAL EN EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Autor:

Edgar Alonso Meneses Bedoya

Universitat Politècnica de Catalunya

Director:

Javier Monedero Isorna

Doctorado en Comunicación Visual en Arquitectura y Diseño

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona – ETSAB

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I

Barcelona, noviembre de 2015

Tesis presentada para obtener el título de Doctor por la
Universitat Politècnica de Catalunya

Annexos

Anexo A2. Fichas de proyectos de arquitectos

En este anexo se presentan de manera gráfica algunos de los proyectos mencionados de los arquitectos de la luz referenciados en el Capítulo 1.2.4.

Para cada arquitecto se muestran en detalle dos proyectos significativos de su obra, con el objetivo de validar a través del análisis espacial del proyecto, las estrategias e intencionalidades proyectuales expresadas en la síntesis conceptual de su obra descrita en el texto.

Cada ficha está compuesta por dos páginas: La primera página hace una descripción general del proyecto, presentando la planimetría básica para entender las relaciones espaciales y situar los espacio principales dentro de todo el proyecto, permitiendo así abordar un análisis formal del proyecto en relación a las estrategias lumínicas. De cada proyecto se selecciona un espacio principal el cual se detalla en la segunda página, presentando a través de la planta y la sección del espacio seleccionado, la trayectoria del rayo solar a través del año, lo cual permite intuir el comportamiento de la luz natural según estas condiciones. Así mismo, se realiza una descripción básica de las condiciones espaciales y materiales que caracterizan las envolventes del espacio.

A través de la información presentada para cada proyecto se accede una documentación gráfica fundamental para abordar el análisis de las condiciones lumínicas del espacio, lo cual permite develar en su planta, alzado y proyección de rayos solares a través del año, las condiciones del proyecto que no alcanzan a ser descritas por las palabras.

Estas fichas se convierten en un instrumento didáctico fundamental para los estudiantes de arquitectura, pues construyen una información direccionada al análisis lumínico de las obras arquitectónicas que no se encuentra en ningún otro texto de arquitectura, y se constituyen en instrumentos irremplazables para la argumentación del significado de la luz natural en la arquitectura presentado en el Capítulo 1.

Todos los dibujos de planimetría fueron elaboraciones propias e intencionadas. Los gráficos de trayectorias solares corresponden a la simulación de la trayectoria del rayo lumínico según la posición geográfica y la orientación de cada proyecto, las cuales fueron generadas con el programa Ecotect.

ARQUITECTOS DE LA LUZ LE CORBUSIER



Esta vivienda doble se destaca por la nueva postura compositiva adoptada por Le Corbusier, quien abandona el racionalismo constructivo de Auguste Perret, todavía presente en la casa «Domino», y aborda sin prejuicios el despliegue de superficies desprovistas de funciones estructurales.

Utiliza un modo de composición deductivo dando al plano un papel generador y permitiendo una espacialidad aparentemente irregular, producto de la interrelación entre los distintos espacios interiores que definen la forma exterior del edificio.

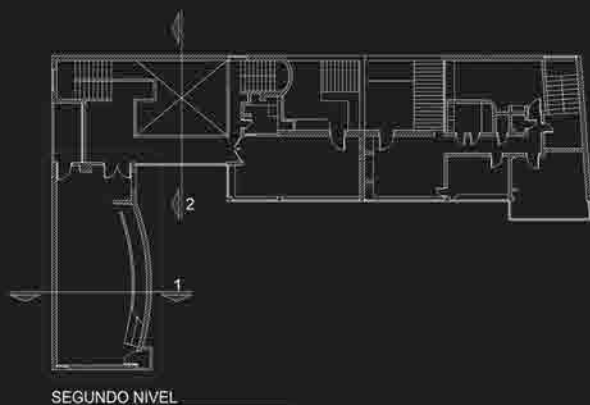
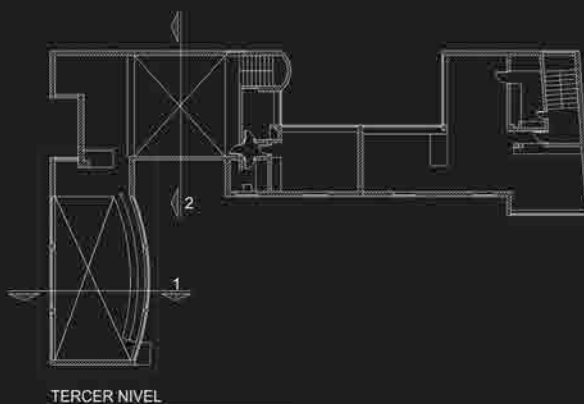
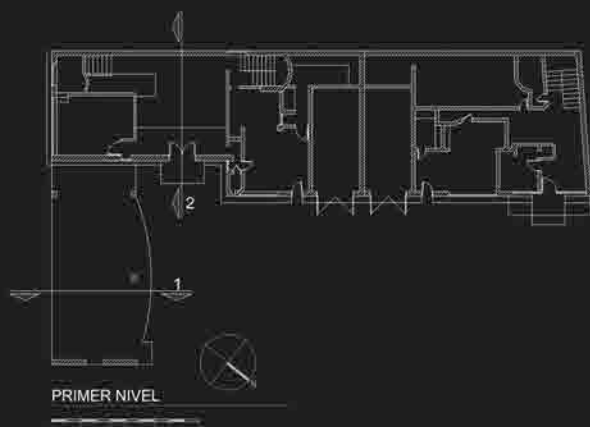
Los espacios se ordenan como un paseo arquitectónico producto de la inspiración de Le Corbusier en el estudio de la Acrópolis de Atenas: un

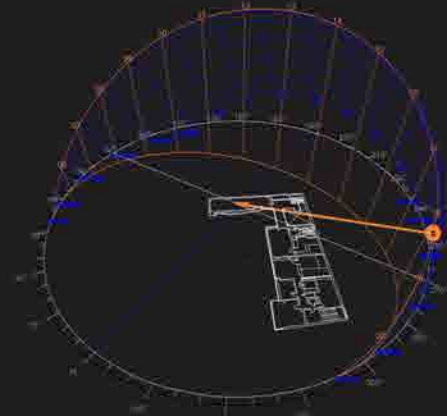
teatro para procesiones. El recorrido encadena las vistas que se ofrecen de forma alternativa en tres niveles: hacia arriba, horizontalmente y hacia abajo, culminando en la rampa galería que desciende hasta la terraza patio.

La casa se convierte en un ensamble de grandes placas planas de mampostería, en la cual se sustituyen las pequeñas filas de ventanas abiertas en las paredes por grandes superficies acristaladas.

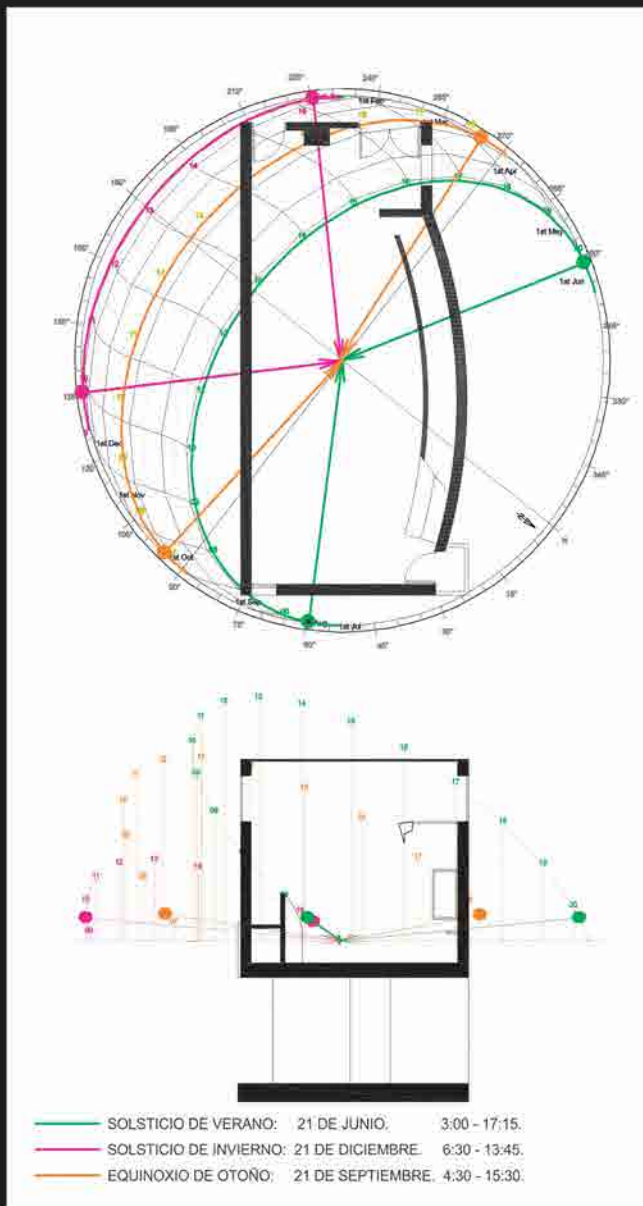
De esta manera las aberturas convencionales coinciden ahora con las aristas, sugiriendo una ruptura con todos los lenguajes anteriores que fijan el estereotipo de una casa.

VILLE LA ROCHE. PARIS. FRANCIA. 1925





ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

Este espacio se concibe como una galería envuelta en un volumen con un muro curvo que se levanta sobre pilotes para dejar paso a una terraza patio en el primer nivel. El acceso a la galería se da a partir de una rampa que se constituye en el remate de las circulaciones de la vivienda.

Esta galería ocupa un volumen definido por un prisma recto de doble altura, cuyo lateral norte se curva para alojar plásticamente la rampa de acceso. Sobre este espacio se proyecta un balcón desde el cual se puede apreciar la espacialidad general de la galería y a su vez sirve de oficina.

FUENTES LUMÍNICAS

La iluminación de este espacio está generada por dos ventanales enfrentados al norte y al sur, localizados en la parte alta del espacio, los cuales permiten una iluminación indirecta en el primer nivel de la galería, pero a su vez permiten una relación visual con el paisaje desde el segundo nivel.

El muro curvo orientado a 45° E, con respecto al norte aloja uno de estos ventanales corridos y por su curvatura permite que en las horas de la tarde se filtre el rayo directo del sol. El ventanal corrido situado en el muro del sur, recibe directamente los rayos del sol, permitiendo que estos ingresen libremente al espacio incidiendo sobre las paredes laterales, pero sin afectar las obras pictóricas que se colocan a contraluz.

MATERIALES

Esta es una de las primeras obras en las cuales le Corbusier utiliza el color para contrarrestar la blancura de sus edificios. Utiliza una paleta variada de colores en la cual se destaca el muro curvo que define la rampa, el cual pinta de un rojo intenso y se integra al color rosa dado al piso. En la pared de exposición de los cuadros utiliza el color azul para darle profundidad al espacio.

La pared frontal donde pega el rayo de sol directo es pintada de amarillo con lo cual logra dar una mayor claridad y calidez al espacio. La cubierta la deja de un color blanco intenso con lo cual aprovecha la luz reflejada de manera indirecta desde el exterior y refuerza la luminosidad envolvente en el espacio.

ARQUITECTOS DE LA LUZ LE CORBUSIER



El juego de materia y luz rompe con la obsesión de los años veinte por las superficies lisas y la claridad homogénea. La luz, y la sombra se convierten ahora en herramientas para esculpir el espacio.

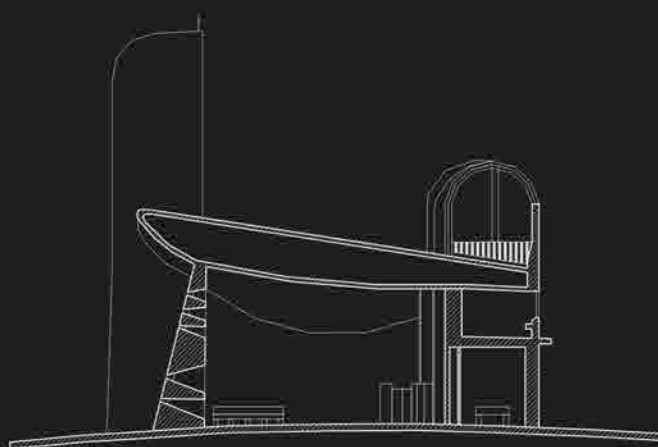
En la planta, orientada Este-Oeste para responder al paisaje del lugar, se observa una intencional asimetría que responde a la localización de los diferentes altares y espacios complementarios.

Cada uno de los muros aparece suelto, incluso la cubierta debido a una pequeña hendidura que la hace percibir flotando en el espacio, plegándose para dar forma a cada uno de los espacios. El muro principal orientado al sur se concibe como un muro grueso que acoge en su interior numerosas

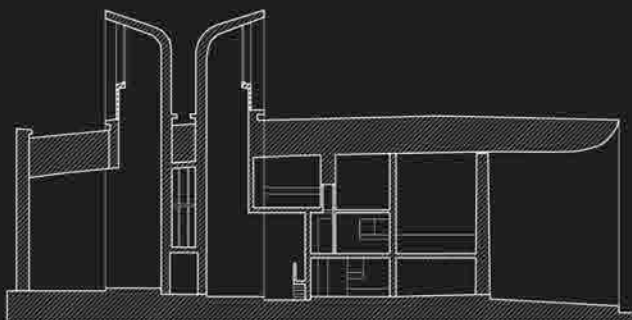
perforaciones que redirigen el rayo de luz y lo filtran para entregarlo coloreado al espacio.

Son numerosas las alusiones al ecléctico repertorio de imágenes utilizadas por Le Corbusier para definir la capilla: la forma de concha de la cubierta, las gárgolas de las presas hidroeléctricas, Las pinceladas de luz que caen sobre las capillas laterales recuerdan el "Sarapeum" de la Villa de Adriano, la sorprendente iluminación del muro sur, recuerda las paredes de la mezquita de Sidi Brahim en Atteuf, descubierta durante su viaje a la pentápolis argelina de M'zab en 1933, los campanarios en forma de periscopios evocan las estelas fúnebres de Esquia.

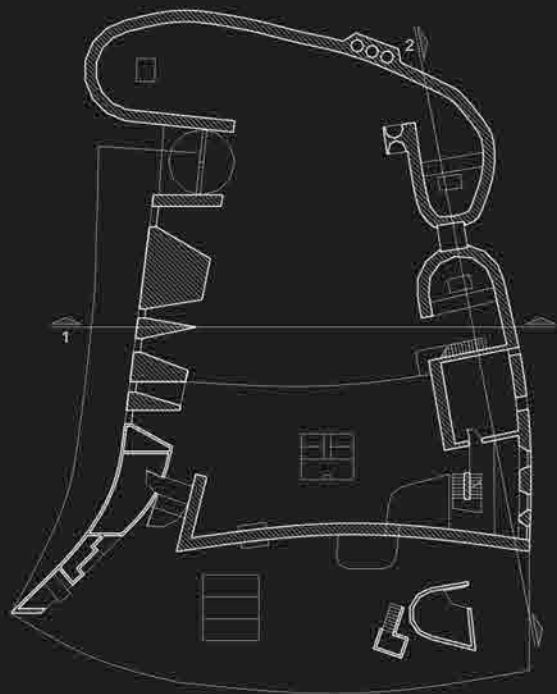
CAPILLA NOTRE DAME DU HAUT. ROMCHAMP. FRANCIA. 1954



SECCIÓN 1



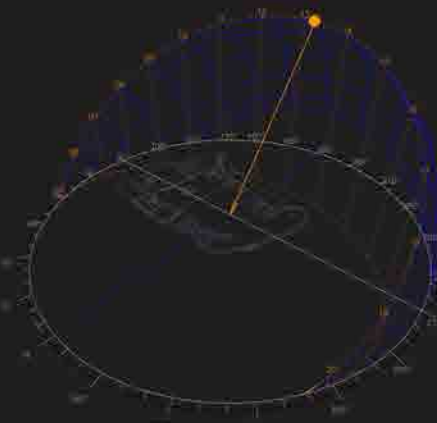
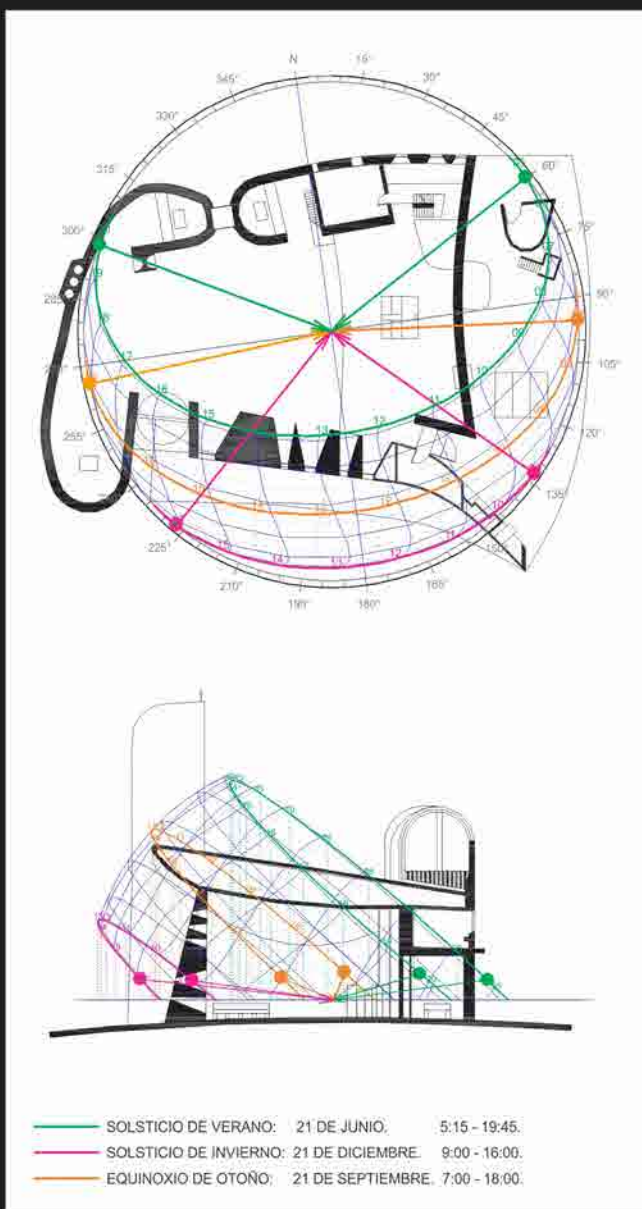
SECCIÓN 2



PLANTA



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

Un espacio envuelto por superficies curvas que se modelan por el influjo de la luz. La materia se percibe densa, pero a su vez leve por la desmaterialización de la luz bañando y atravesando las superficies. Dentro de éste, se conforman otros espacios que son únicos por la luz que los baña y por la forma como los muros se pliegan sobre sí mismos para delimitarlos. La cubierta en forma de concha se eleva sobre el espacio flotando sobre los muros y dejando que la luz pase entre estos. El muro sur concentra toda la atención por su espesor, su inclinación, sus aberturas, su forma. Es un muro desmaterializado por la luz que lo atraviesa.

FUENTES LUMÍNICAS

Le Corbusier utiliza diferentes estrategias para dar a cada espacio una luz que lo identifica. Dos chimeneas de luz se abren al oriente y al occidente dejando pasar la luz a través de pequeñas aberturas laterales y conduciendo la luz hasta el piso a través de múltiples rebotes por paredes rugosas y coloreadas que entregan una luz completamente difusa manchada del color de las paredes. El oratorio, otra chimenea en forma de cono con aberturas al norte de diferentes formas y que recogen toda la luz difusa del cielo, entregan una luz blanca y suave que insinúa la presencia de Dios.

Las hendiduras entre los muros laterales y la cubierta, dejan pasar un halo de luz que resbala por la curvatura de la superficie de la cubierta haciéndola aparecer ingravida y creando un fuerte contraluz que refuerza la materialidad de los muros.

El principal recurso lumínico es el muro sur, donde Le Corbusier esculpe una superficie de luces de colores, orientándolo completamente al sur y recibiendo el rayo lumínico durante todo el año. Este muro perforado deja que el rayo de luz entre al espacio teñido del color de los vitrales. También obstruye en su superficie el paso del rayo de luz y lo descompone en múltiples rebotes que entregan una luz difusa.

MATERIALES

El hormigón en sus diferentes expresiones es el material principal de esta edificación. A veces aparece blanco y rustico bañando los muros, jugando con la luz y la sombra sobre su propia superficie. También oscuro y moldeado por el encofrado del vaciado de la cubierta, o pulido para dar una superficie suave en los pisos. Este hormigón adquiere muchos matices de tonalidades grises, dadas por el acabado de la superficie, pero también se presenta coloreado de rojo para teñir la luz que choca contra la superficie y desciende desde el alto convirtiendo al hormigón en un nuevo material con una nueva textura.

El cristal tintado que tiñe la luz al atravesar su superficie convirtiéndola en rayos de colores que se transforman con el paso del día.

ARQUITECTOS DE LA LUZ LOUIS KAHN



El edificio se basa en la repetición de un cuerpo longitudinal cubierto por una falsa bóveda de cañón con una abertura para permitir el paso de la luz natural a todos los espacios. Diez y seis bóvedas paralelas conforman la cubierta, las cuales se separan estructuralmente y dan lugar a tres patios que proporcionan luz lateral a las galerías, convirtiéndose en lugares de descanso dentro del recorrido.

El edificio se desarrolla solo en dos plantas, con lo cual ocupa una gran superficie y está rodeado de jardines japoneses. En la planta baja se disponen los espacios de servicio para el museo y en la primera planta se encuentra el museo propiamente dicho con patios, un auditorio y las salas de exposición divisibles a través de paneles móviles sobre rieles.

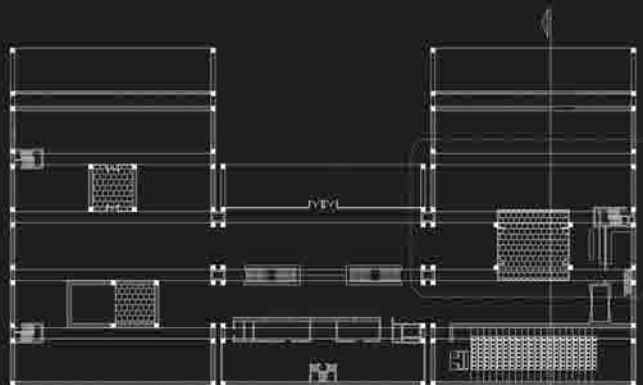
El principal elemento a destacar de este edificio es la austeridad moderna que se manifiesta en la forma del complejo y en el uso de los materiales, junto a la necesidad de iluminar todos los espacios con luz natural, lo cual fue un requisito impuesto por el cliente y reafirmado por el propio Kahn, quien quería que el visitante sintiera el paso de las horas del día y el estado del tiempo.

Kahn no quería disponer muchos vanos sobre los muros por lo cual se ideó un dispositivo de luz que redireccionaba la luz natural que accedía por la hendidura sobre las bóvedas de cañón y esparcía para que ingresara a las salas resbalando suavemente por las superficies completamente lisas de la bóveda.

MUSEO KIMBELL. FORT WORTH. USA. 1972



PLANTA DE ACCESO

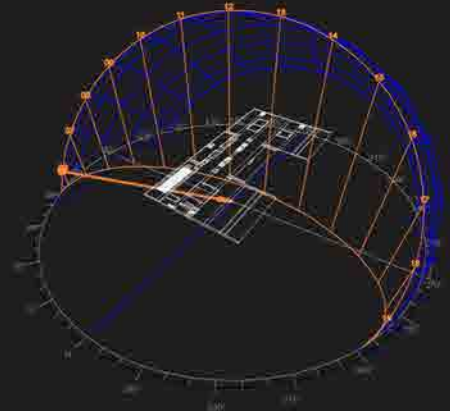


PLANTA BAJA



SECCIÓN 1





ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL

CONFIGURACIÓN ESPACIAL

Las salas están definidas por volúmenes rectangulares rematados en una cubierta en forma de bóveda de cañón, los cuales se unen entre sí en los laterales para conformar una extensa planta libre divisible a partir de paneles móviles.

A pesar de esta unión se crea una unidad espacial autónoma en cada volumen debido a la fuerza envolvente de la cubierta en forma de bóveda, y al cambio de acabado de piso entre las uniones laterales. La forma abovedada de la cubierta genera una doble altura en el centro, la cual junto a los paneles divisorios de los espacios contrarrestan lo longitudinal del espacio y proporcionan una adecuada fluidez espacial.

La perfecta orientación norte sur de los volúmenes favorece el aprovechamiento de la luz natural durante todo el día.

FUENTES LUMÍNICAS

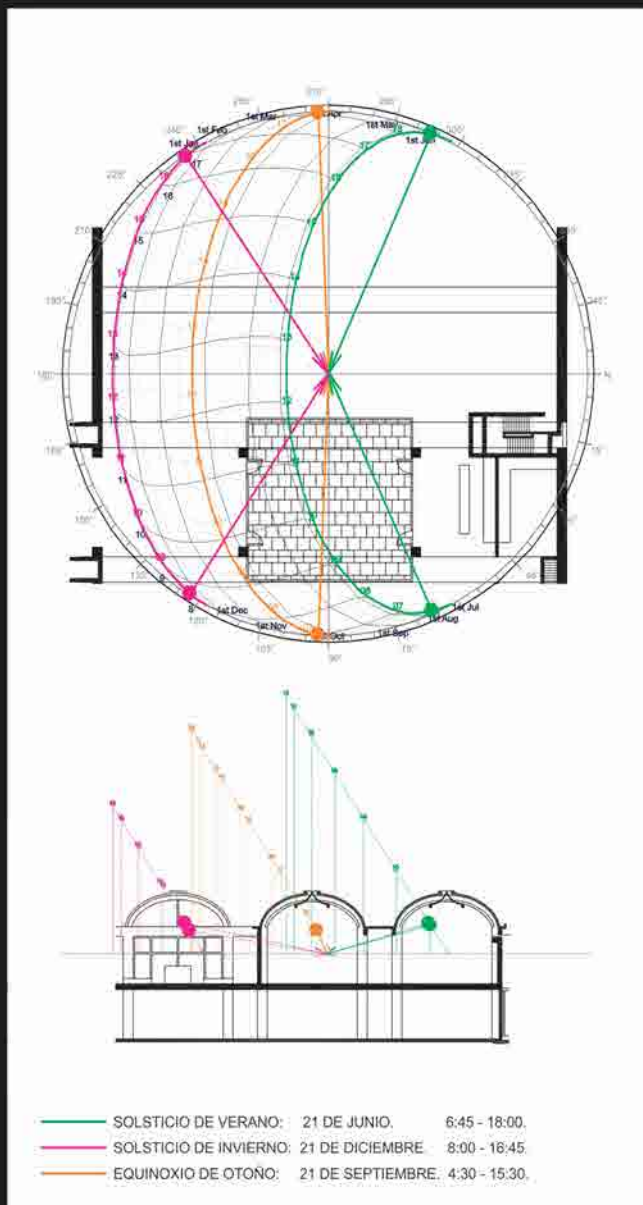
La fuente lumínica principal de las salas está dada por la luz natural cenital, la cual ingresa al espacio a través de una abertura central en toda la extensión longitudinal de la bóveda. La luz que ingresa de manera directa es redireccionada por un dispositivo de luz que redirecciona los rayos hacia la clara y lisa superficie de la bóveda.

Esta luz está presente durante todo el día gracias a la orientación norte sur de los espacios. Por otro lado se observa un haz de luz lateralizado en el remate de la cubierta que no tiene un sentido funcional sino para enfatizar la autonomía estructural de la bóveda con respecto a los muros. En los espacios contiguos a los patios, se puede disfrutar de una luz lateral que llega hasta el fondo de las salas.

MATERIALES

El concreto blanco perfectamente liso gracias a la cimbra de construcción se convierte en el material adecuado para reflejar la luz indirecta y repartirla difusamente en todo el espacio.

Esta claridad dada por la cubierta es matizada por el uso de un piso en madera pulida que recorre toda la galería y por una superficie en mármol, más rugosa y absorbente de luz que divide espacialmente las galerías. El cristal también juega un papel importante, ya que permite el ingreso de la luz lateral a las salas proveniente de los accesos y los patios.



ARQUITECTOS DE LA LUZ LOUIS KAHN



LAT 43.0° - LONG -71.0°

La biblioteca se inscribe en un cubo de ladrillo en el cual se diferencian tres espacios; la periferia, dedicado a la lectura y bañados por la luz natural, en la cual se organizan nichos de estudio adosados a los vanos exteriores; el espacio intermedio protegido de la luz, en el cual se concentran las estanterías de los libros; y el núcleo del edificio el cual es un vacío formado por un cubo de 34 mts de lado, dedicado al vestíbulo y que recibe una luz cenital difusa y cambiante por un doble lucernario piramidal. Desde este vacío central se pueden observar todos los libros a través de enormes aberturas circulares en los muros de apoyo lateral.

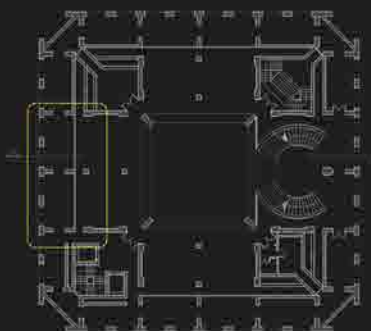
El acceso comunica directamente con el vestíbulo a

través de unas grandes escaleras que llevan al recorrido y la transición de la oscuridad del perímetro hasta la iluminación del centro.

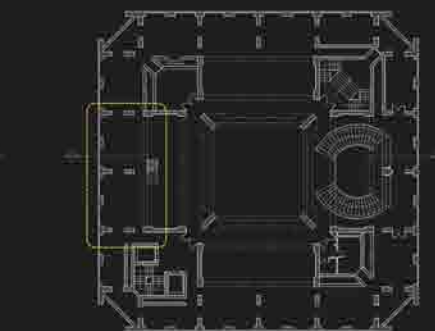
La planta está organizada a partir de estos tres espacios, rompiéndolos con una tensión diagonal entre las aristas del cubo, en las cuales coloca los sistemas de circulación vertical y servicios complementarios, y rompe volumétricamente en el exterior, dando paso a lugares de descanso comunicados directamente con el exterior.

El volumen exterior se define a partir de cuatro grandes muros gruesos y dobles, formados por pilares que alojan entre sus espacios las ventanas que iluminan lateralmente los lugares de estudio.

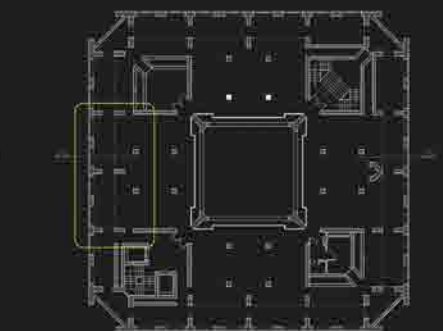
BIBLIOTECA PHILLIPS EXETER, NEW HAMPSHIRE - 1972



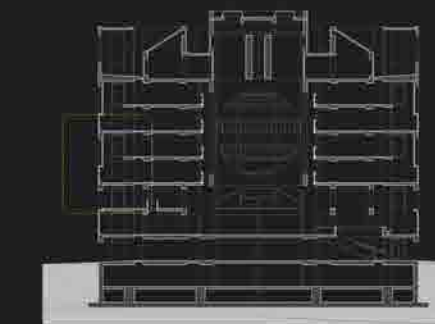
PLANTA PRIMER NIVEL



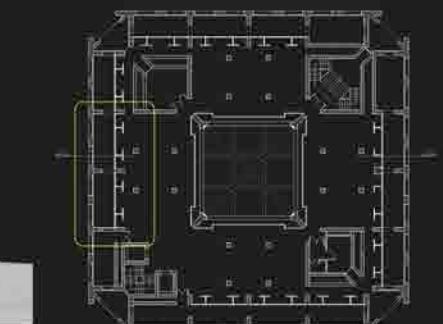
PLANTA SEGUNDO NIVEL



PLANTA TERCER NIVEL



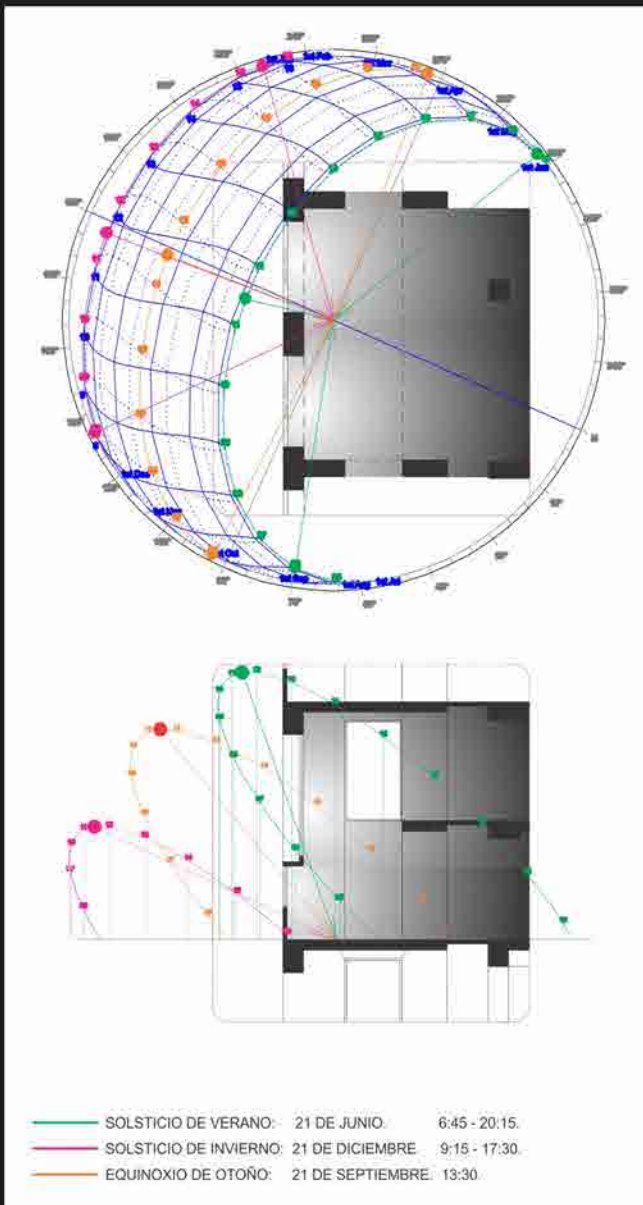
SECCION 1



PLANTA CUARTO NIVEL



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

Los espacios de lectura individual y grupal están localizados en todos los laterales del edificio. Estos son espacios de doble altura con poco fondo conformados entre los muros laterales exteriores y la zona de las estanterías.

A partir de la modulación de los pórticos se conforman nichos con la mampostería los cuales organizan sub espacios cada dos pilares. Esto conforma una unidad espacial compuesta por dos módulos de estudio en la parte superior dedicado al trabajo grupal y de una sola altura y cuatro módulos de estudio individual en el espacio de doble altura configurados a partir de un mobiliario diseñado especialmente para este espacio. Cada uno de estos módulos de estudio cuenta con un vano que le permite la relación visual con el exterior.

FUENTES LUMÍNICAS

La principal fuente de iluminación está dada por los grandes vanos que dejan los espacios entre los pórticos de la fachada. Estos vanos cubre la doble altura de los lugares de estudio individual, y están recubiertos por una superficie acristalada en la parte superior, permitiendo que la luz entre lateralmente e ilumine directamente las zonas de estudio del segundo nivel, e indirectamente las zonas del primer nivel.

La parte baja del vano está recubierto de una superficie de madera la cual tiene una ventana batiente que puede ser abierta a discreción del usuario y le permite una relación visual con el exterior.

En diferentes ocasiones durante todo el año el rayo directo del sol se cuela por las superficies de cristal incidiendo directamente sobre la superficie de estudio.

La iluminación cenital del vestíbulo no alcanza a llegar a estos espacios.

MATERIALES

La mampostería en ladrillo y la madera son los materiales que definen el espacio.

El muro en ladrillo rojizo absorbe la gran cantidad de luz que ingresa por los vanos superiores. La madera tratada da al espacio una gran calidez y matiza de amarillo el color de las paredes.

Las superficies del piso son en concreto pulido y adquieren el color de la luz tenida por el rebote en los muros de ladrillo o la madera.

ARQUITECTOS DE LA LUZ ALVAR AALTO



LAT 45.50° - LONG -122.8°

El proyecto fue construido por solicitud de los monjes Benedictinos Abbey y se sitúa al lado norte de la colina donde está localizada la abadía.

Al acercarse desde la entrada principal el edificio parece corto, pequeño y sin pretensiones, mimetizándose entre los edificios circundantes, pero una vez dentro se observa como se expande tanto horizontal como verticalmente en forma de un abanico desde el vestíbulo hasta el fondo, permitiendo que los espacios fluyan libremente y se descuelguen 3 pisos abajo en la colina.

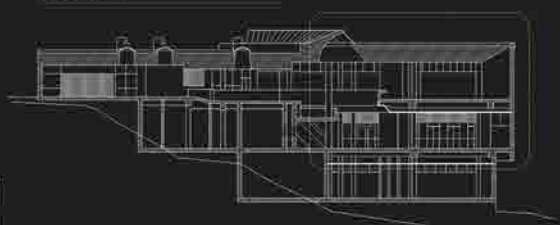
La forma de abanico se subdivide en cuatro sectores rectos configurados por la estructura y los pasillos de circulación transversal que rematan en una ventana cuadrada en el nivel de acceso.

El programa del edificio se reparte en tres plantas, situando el acceso en la planta alta donde se localiza el lobby, áreas de estantería y las zonas de estudio grupal. En el segundo nivel se encuentran las estanterías y los cubículos de estudio individual recostados contra los muros exteriores. la tercera planta es para espacios complementarios.

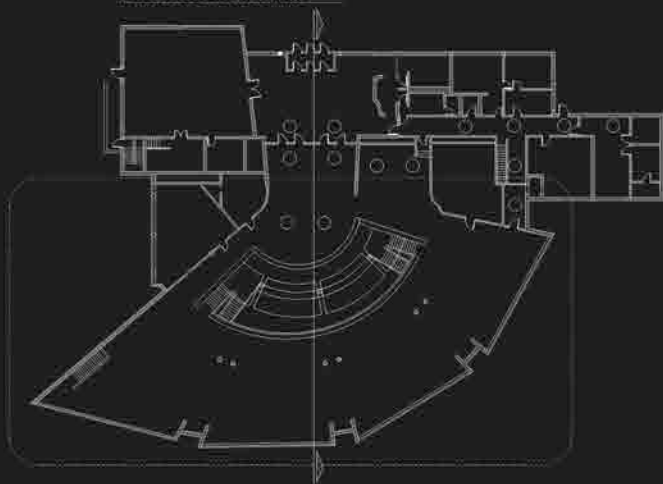
BIBLIOTECA MOUNT ANGEL. OREGON. USA. 1964-1967



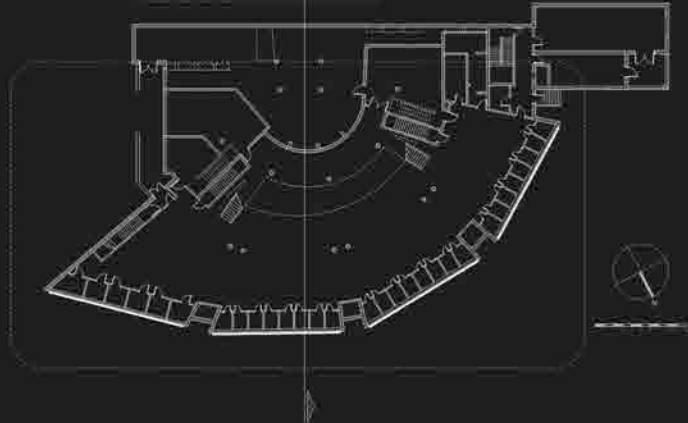
SECCIÓN 1



PLANTA NIVEL DE ACCESO

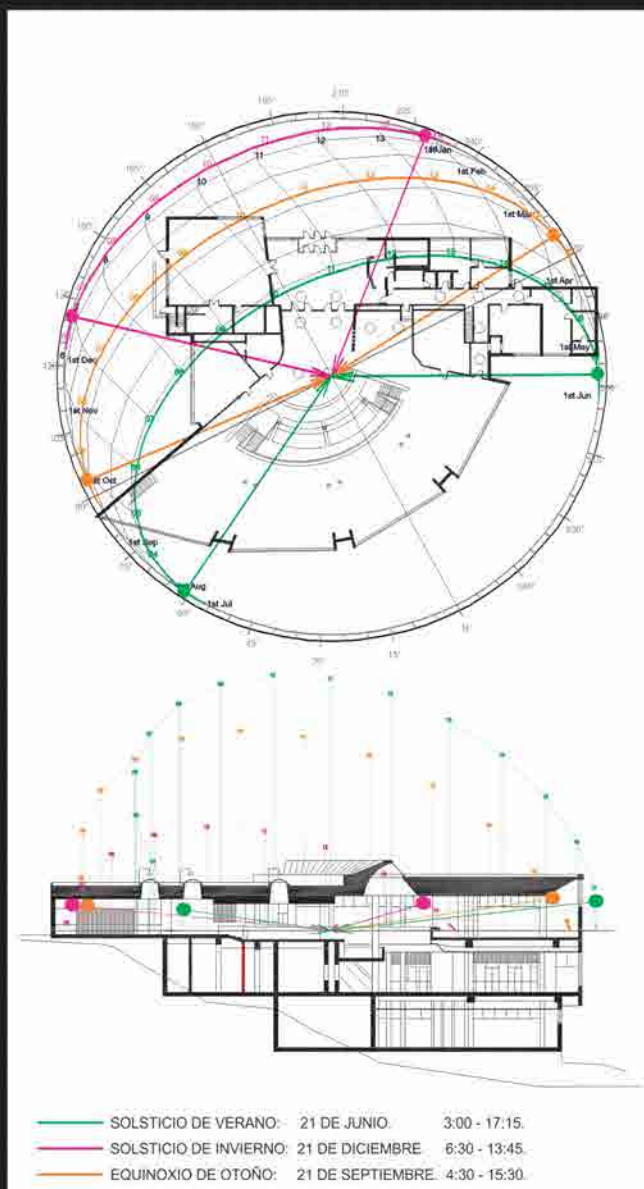


PLANTA BAJA





ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

El espacio principal está conformado por el lobby, las zonas de estantería y de lectura. Estas dos plantas están unidas espacialmente a través de un nivel intermedio de lectura de altura y media que recibe una iluminación cenital y que conecta ambas plantas a través de dos escaleras situadas en los extremos. Las zonas de estantería se despliegan desde el lobby hacia el borde exterior del abanico, dejando libre el perímetro para disponer las zonas de estudio individual. La disposición transversal de las estanterías que siguen la disposición de la estructura configura las circulaciones que integran espacialmente el perímetro del edificio con el centro.

FUENTES LUMÍNICAS

Las fuentes lumínicas laterales se abren completamente al norte, con lo cual reciben solo la iluminación directa del cielo, evitando al máximo la introducción de rayos solares directos en el espacio.

Se cuenta con tres tipos de fuentes lumínicas: una cenital localizada en el lobby formada por lucernarios dispuestos en la cubierta los cuales proporcionan una luz uniforme. Otra luz cenital pero indirecta generada por una gran dispositivo en la cubierta en forma de abanico que se abre completamente al norte y redirige la luz a través de una pared inclinada para llevar la luz indirecta y reflejada al interior del lobby, las circulaciones principales y las estanterías. Las zonas de lectura están iluminadas por luz lateral con dos tipos de disposición: En las zonas de lectura individual se colocan ventanas superiores que introducen una luz lateral redirigida por un muro de cubierta inclinado para iluminar indirectamente las zonas de estudio; en las zonas de cubículos de estudio se disponen aberturas completas con persianas verticales que permiten controlar el acceso de los rayos lumínicos. El cerramiento de los cubículos es de cristal opaco para permitir que la luz lateral llegue hasta las zonas de estantes y circulaciones.

MATERIALES

El ladrillo rojizo es el material que permite que el edificio se mimetice con las edificaciones circundantes. En el interior predominan los muros blancos que reflejan la luz proveniente del exterior y la cubierta, y la madera de distintas tonalidades y formas para crear un contraste que hace del espacio un lugar ameno y cálido. Esta madera se trabaja como superficies regladas que permiten moldear los muros curvos en forma de onda del auditorio. El vidrio también juega un rol importante ya que permite que la luz lateral de los cubículos de estudio se transfiera al interior de las zonas de estantería.

ARQUITECTOS DE LA LUZ ALVAR AALTO



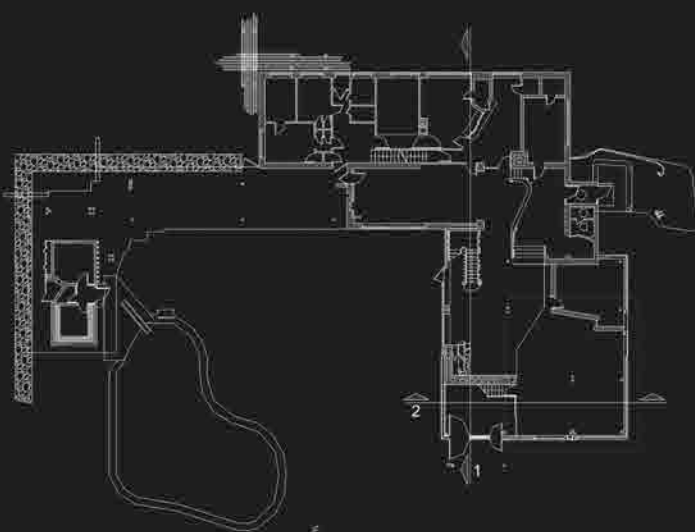
La vivienda se organiza en forma de L hacia el costado sur y oriental, disponiendo en la planta baja un espacio continuo de 250 metros cuadrados donde se organizan las actividades sociales. El acceso distribuye a partir de un muro sinuoso y bajo hacia un amplio salón con una cálida chimenea, una sala de estar y el estudio, o hacia los comedores de invierno y verano, la cocina y las habitaciones de servicio.

Las escaleras se sitúan a un costado del espacio, encerradas por un conjunto de columnillas en madera que rememoran el bosque circundante.

En la planta superior se disponen todas las habitaciones orientadas al sur, una sala de estar familiar, unas terrazas al sur y al norte, y el estudio que es un volumen estriado de madera teca que se destaca por su forma sinuosa y su altura.

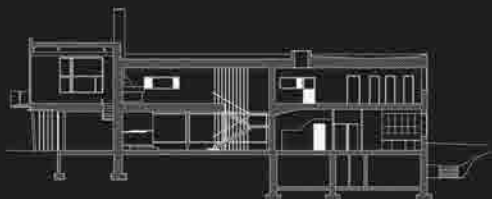
Aalto utiliza una estructura de columnas metálicas que forra con diferentes diseños de fibras vegetales (rattan) para evitar el contacto con el frío metal y para rememorar los troncos de los árboles del bosque que rodea la casa.

VILLA MAIREA. NOORMARKKU. FINLANDIA. 1937-1940

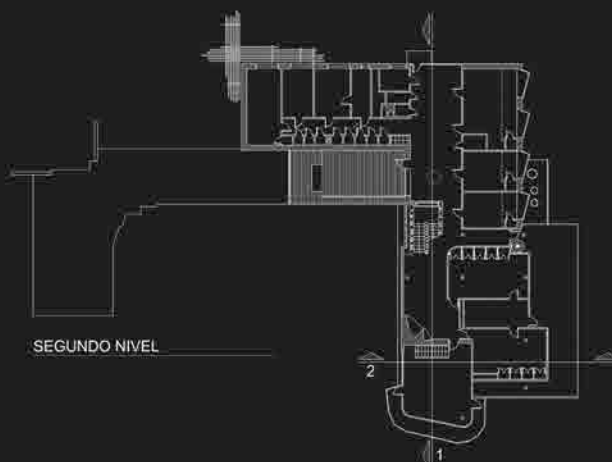


PRIMER NIVEL

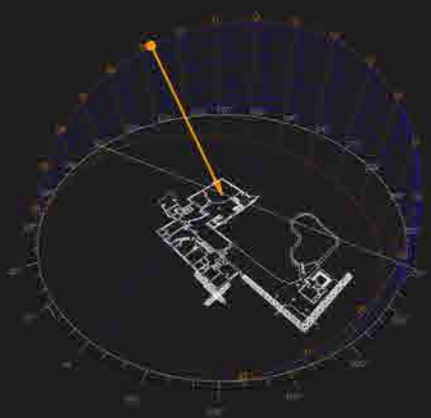
SECCIÓN 2



SECCIÓN 1



SEGUNDO NIVEL



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL

CONFIGURACIÓN ESPACIAL

El espacio principal de la casa es un cuadrado donde se encuentran un salón con chimenea, una especie de terraza jardín y el estudio. Estos dos espacios se articulan en forma diagonal y se levantan sobre la superficie del terreno. La terraza jardín se abre al sur a través de un gran ventanal corrido, el salón con su chimenea se abre al norte integrándose con el patio interior. Las escaleras aledañas al salón insinúan la relación con la segunda planta y se presentan libres dentro del espacio rememorando el bosque circundante. Ambos espacios están integrados por un cieloraso en madera que les proporciona calidez y a su vez distribuye uniformemente la ventilación que ingresa entre la losa y el cielo raso en madera.

FUENTES LUMÍNICAS

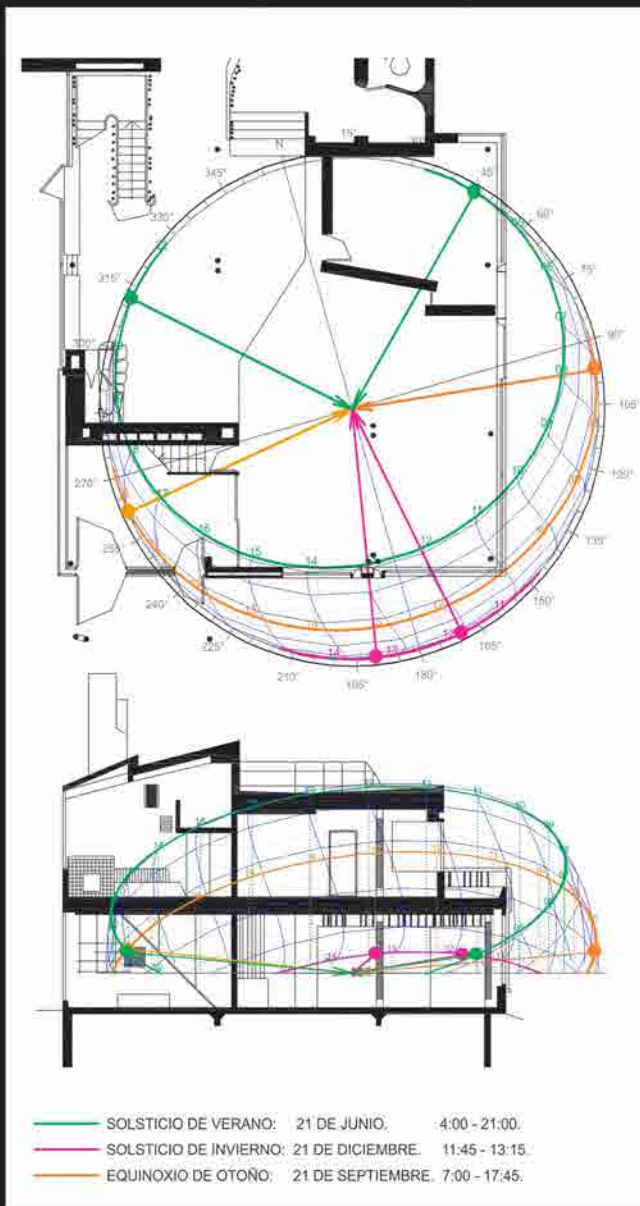
La principal fuente lumínica son los grandes ventanales que integran el exterior con el interior. Algunas de las ventanas son corredizas, al igual que algunos cerramientos exteriores de modo que la casa puede abrirse completamente al jardín con la intención de introducir el exterior al interior.

Un juego espacial muy interesante se logra con la interrupción de los muros divisorios para permitir la integración de los espacios y conectarlos lumínicamente. Los espacios entre la losa y los muros los completa con columnillas de madera, o divisiones que tamizan la luz generando reflejos en el techo que presentan la manera como la luz del sol es filtrada por los troncos y ramas de los árboles en el bosque.

MATERIALES

Esta casa resulta especialmente atractiva por el ecléctico uso de los materiales. Aalto utiliza una gran cantidad de colores, formas y texturas que componen las fachadas de la casa, en ellas se van superponiendo tanto los planos blancos y zócalos de piedra como otros de cerámica azul y recubrimientos de madera y piedra. En sus exteriores se ha utilizado madera de teca y pino ártico, pizarra y un enlucido basto. La pizarra roja, típica de la región, se utiliza en los pavimentos exteriores e interiores.

El interior es igualmente diverso; lajas de piedra, placas de cerámica o madera de haya blanca, tarima, azulejos, ladrillo, acero, hormigón, postes de madera, paredes encaladas, suelos de gres, pilares lacados, paredes con paneles de madera e incluso paredes revestidas de telas como en el invernadero. En varias paredes de la casa se usa el ladrillo encalado en clara referencia a las culturas mediterráneas. Las columnas en acero pueden ser dobles y triples, para sugerir la variedad de árboles de la naturaleza. Se revisten de cuero y cuerda, o se dejan de acero negro envueltas en rattán para recordar la corteza pelada y el centro dorado de los pinos o madera.



ARQUITECTOS DE LA LUZ LUIS BARRAGAN



LAT 19.41N° LONG 99.19°

A pesar de haber sido construida en el pleno momento del movimiento moderno latinoamericano, esta obra tiene un espíritu claramente mexicano, el cual se aleja de la imagen industrial del vidrio y el acero del Estilo Internacional europeo, para transmitir sensaciones de calidez y belleza, serenidad y contundencia con una arquitectura clara y austera.

El exterior de la casa conserva la austeridad y se integra al popular barrio en el cual se implanta. Esta sencillez de la fachada exterior se contrasta con una rica y fluida sucesión de espacios, luz y color, los cuales se interrelacionan con ricos efectos visuales y espaciales que se organizan en un todo armónico.

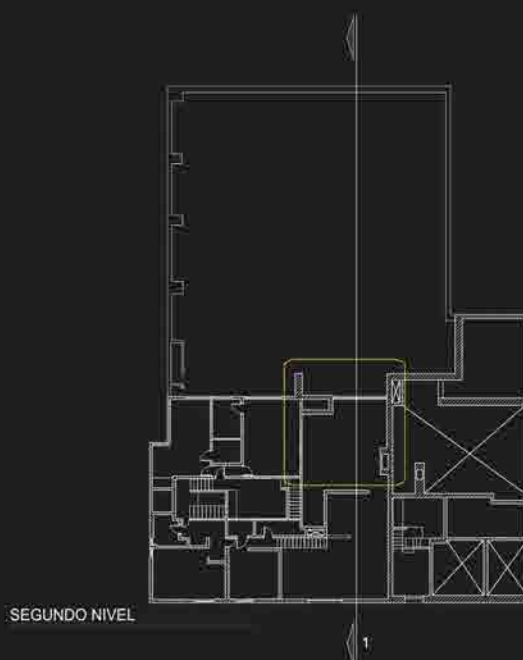
En el primer nivel se encuentran los espacios sociales

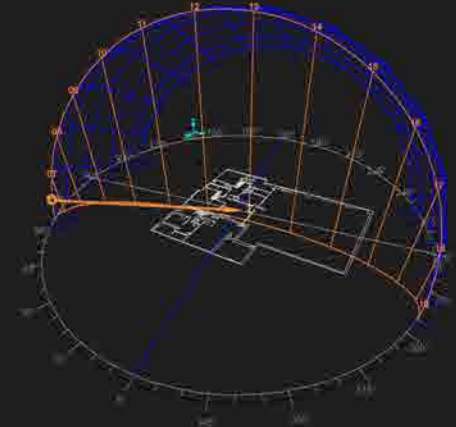
en los cuales se destacan el comedor integrado al jardín a través de una gran ventana, la estancia comunicada con el jardín a través de un ventanal completo con un marco conformando una cruz y la biblioteca integrada con el taller en el segundo nivel.

El segundo nivel está dedicado a las habitaciones donde se disponen diferentes espacios que revelan las convicciones religiosas de Barragán y su sensibilidad por la simpleza.

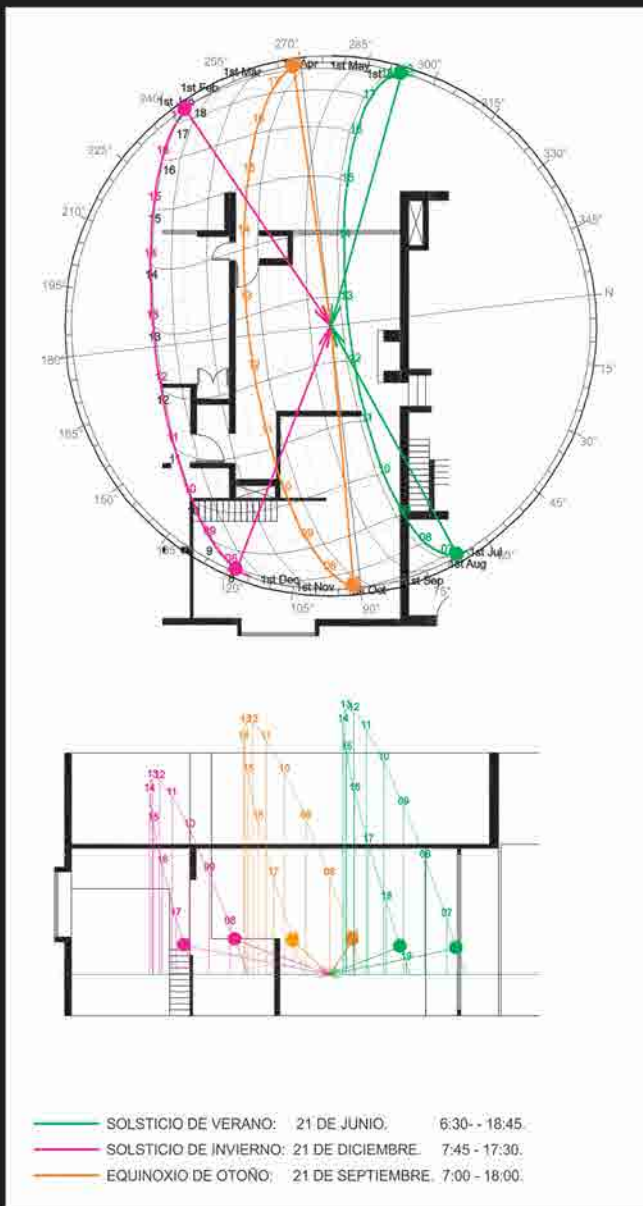
La terraza y los patios son espacios exteriores que gozan de la riqueza en la composición puesta a los interiores. El uso del color destaca cada uno de los espacios de la vivienda dándoles identidad y dejando que la luz desgare diferentes matices para crear ambientes únicos.

CASA ESTUDIO BARRAGÁN. CIUDAD DE MÉXICO. MÉXICO. 1947





ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La estancia es un espacio muy simple de planta cuadrada y doble altura subdividido por biombos que permiten configurar otros sub espacios.

Esta se abre completamente al jardín a través de un ventanal completo que parece insertado en un muro grueso debido a un artificio usado por Barragán para dar la sensación de profundidad.

Este gran ventanal se arma a partir de un marco que conforma una gran sutil y delgada cruz de madera que deja pasar la visual pero detiene la atención. Este es un espacio muy íntimo que llama a la tranquilidad y que permite que el jardín exterior se introduzca completamente a la casa.

FUENTES LUMÍNICAS

El ventanal completamente vidriado del costado occidental del espacio es la fuente de iluminación de este espacio. Este se abre al jardín dejando pasar los rayos directos del sol y la luz difusa que se forma del juego de los rayos del sol con las hojas de los árboles del jardín.

Esta luz coloreada ingresa al espacio dotándolo de una gran luminosidad, pero controlada por una marquesina que se desprende del piso del segundo nivel y que sirve para darle profundidad al vano.

Las paredes blancas del espacio se convierten en fuentes indirectas de luz, pues reciben los rayos directos y los redirigen indirectamente hasta llevarlos al fondo del espacio.

MATERIALES

Los muros altos de los laterales pintados de blanco reflejan la luz filtrada por las hojas de los árboles del jardín, pintándose del verde del jardín y del azul del cielo.

El piso y los muebles de madera le imprimen calidez al espacio, integrándose con los elementos naturales del jardín, de esta manera la naturaleza se constituye en un material presente en el espacio, el cual lo dota de una especial calidez.

ARQUITECTOS DE LA LUZ LUIS BARRAGAN



Esta casa se inscribe en un rectángulo de 9 x 30 mts y se desarrolla en tres niveles, los cuales se concentran en la parte frontal del lote. El desarrollo de los espacios gira en torno a un patio central en el cual se encuentra un viejo árbol, logrando que todos los espacios se organicen en torno a éste y se configuren diferentes espacialidades y recorridos.

El proyecto se aleja del tratamiento habitual dado por Barragán al frente de sus viviendas, y en vez de una fachada austera, abre un gran ventanal y una terraza que se relaciona con la ciudad.

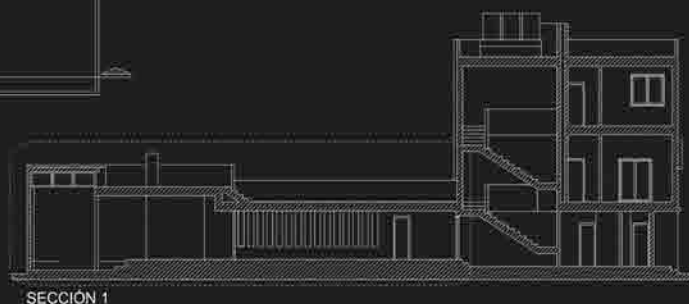
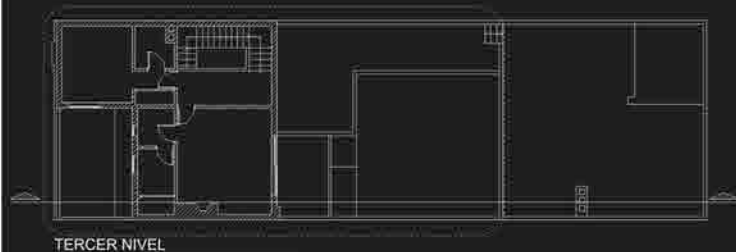
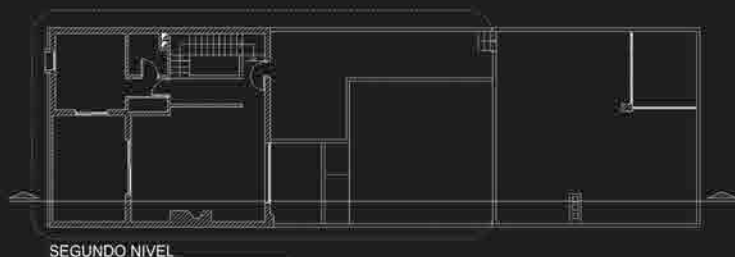
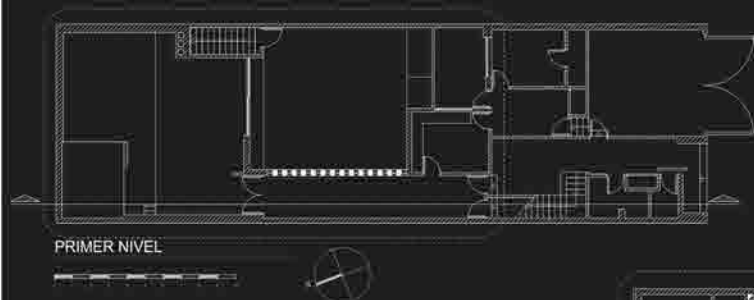
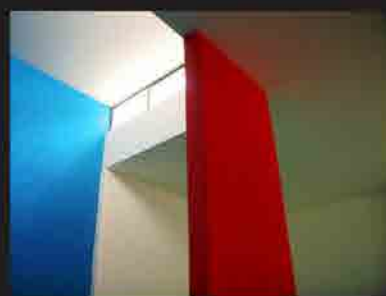
En la planta baja dispone el patio y los espacios de servicio de la vivienda, destacándose un corredor largo que corre lateralmente al patio y remata en el comedor.

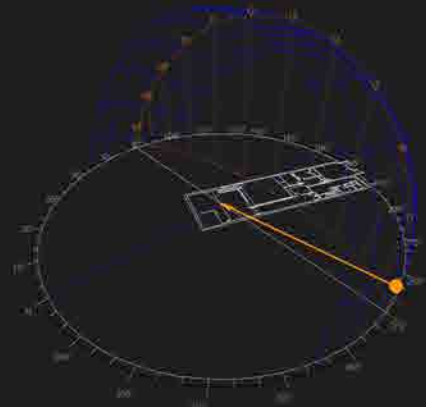
Las plantas primera y segunda están dedicadas a la sala de estar, los espacios para dormir y una terraza.

Como en la mayoría de sus proyectos, el color juega un papel muy importante que logra caracterizar cada espacio.

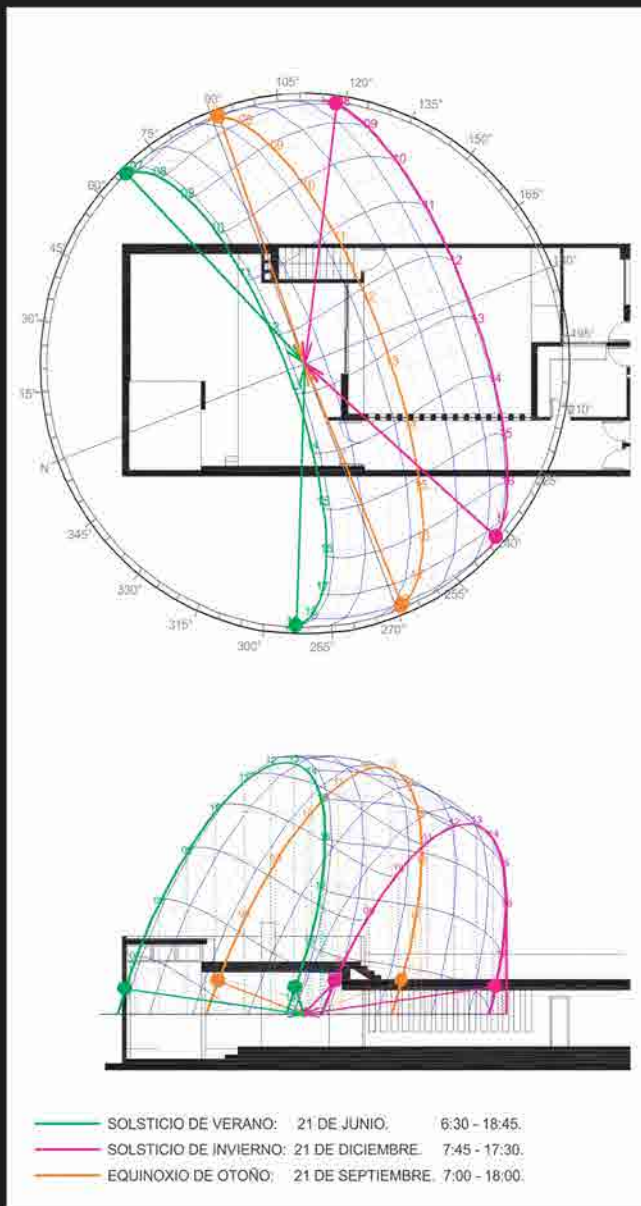
El corredor que comunica el comedor se configura como un túnel cerrado con aberturas verticales delgadas que dejan pasar la luz natural a través de paneles de plástico amarillo. Este corredor, semi oscuro remata en un espacio cuadrado profusamente iluminado y pintado de azul con un machón pintado de rojo. Esta paleta de colores primarios propicia un juego de color que convierte la casa en una obra de arte pictórico.

CASA GIRALDI . CIUDAD DE MEXICO. MEXICO. 1972





ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

El comedor es un espacio cuadrado dividido en dos mitades iguales que configuran una piscina de poco fondo y el comedor propiamente dicho de un piso color marrón a la misma altura de la piscina. Este espacio aislado del resto de la casa se comunica directamente con el patio central a través de un gran ventanal.

Dentro de la piscina se desprende un muro rojo que delimita espacialmente la piscina y sirve de remate visual del corredor. Cuenta con iluminación cenital proveniente de una abertura en la cubierta. Las paredes laterales que están justo debajo de la abertura cenital están pintadas de azul y se prolongan por encima del borde de la abertura con lo cual da la sensación de mayor prolongación y que el cielo bajara por estas paredes.

FUENTES LUMÍNICAS

Cuenta con dos fuentes lumínicas. Una lateral, la cual se genera a partir del ventanal que comunica con el patio central. Este ventanal se encuentra retrasado del borde de la terraza que conforma la cubierta.

La otra es cenital, pero no directa. Esta luz cenital se configura a partir de una abertura en la cubierta del comedor que genera un vacío cubierto por una terraza más alta y que se abre en los costados opuestos a los laterales del comedor, los cuales se alargan hasta la cubierta para así configurar el vacío y generar un efecto de iluminación cenital indirecta.

La cubierta sobre este vacío, está pintada de blanco contrastando con los laterales azules, con lo cual logra reflejar la luz lateral y redirigirla hacia el interior del espacio.

La piscina de agua también se asimila a una fuente lumínica que refracta el rayo lumínico directo que alcanza a penetrar en el espacio e ilumina el comedor.

MATERIALES

Los muros pintados de color azul logran dar profundidad y altura al espacio y al vacío de iluminación cenital.

El muro rojo pintado de un color despicmentado en la parte baja crea un contrafuerte visual. El piso de una piedra marrón altamente absorbente de la luz contrasta con las paredes claras de color beige y la superficie brillante de la piscina.

Todos estos planos de colores presentan una superficie fuertemente texturizada, la cual permite descomponer y dar masa al volumen cuando la luz resbala por las superficies.

ARQUITECTOS DE LA LUZ



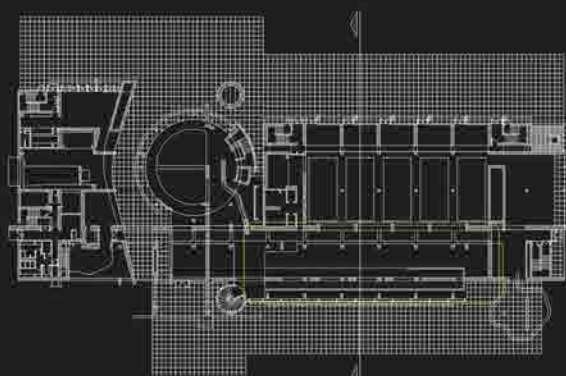
Este museo juega un papel importante en la recuperación del distrito Gótico de la ciudad de Barcelona. Se posa sobre una plataforma que sirve de pedestal y pasarela a la plaza conformada al frente del edificio logrando conformar un nuevo conjunto urbano.

En el edificio se destaca volumétricamente un cilindro a través del cual se accede y que recorre todos los pisos, un hall vidriado que contiene una rampa que se desarrolla entregando las circulaciones a cada nivel y une los dos volúmenes principales de espacios de exposición.

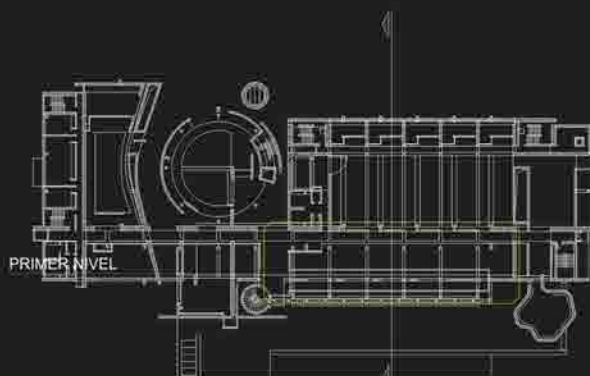
Los espacios geoméricamente definidos y bañados por la luz natural desde aberturas superiores o laterales se convierten en el principal elemento de composición del edificio, en el cual se logran grandes galerías de planta libre.

La fachada principal orientada al sur recibe toda la iluminación y la filtra a través de quiebra soles de aluminio blanco, permitiendo que los rayos solares ingresen al espacio dando una gran luminosidad para luego filtrarse tenuemente a las galerías principales de exposición mediante muros que parecen flotar entre la estructura.

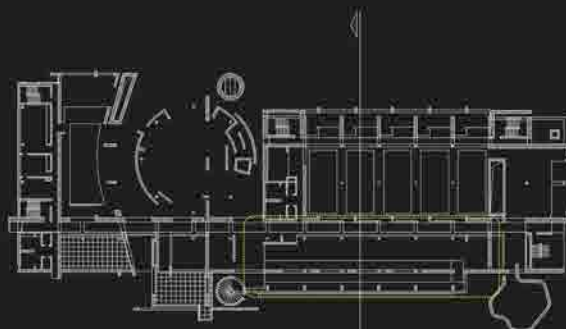
MUSEO MACBA. BARCELONA. 1995 - RICHARD MEIER



PLANTA BAJA



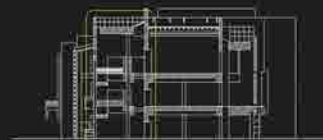
PRIMER NIVEL



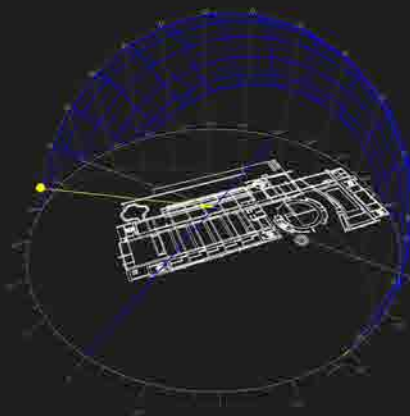
SEGUNDO NIVEL



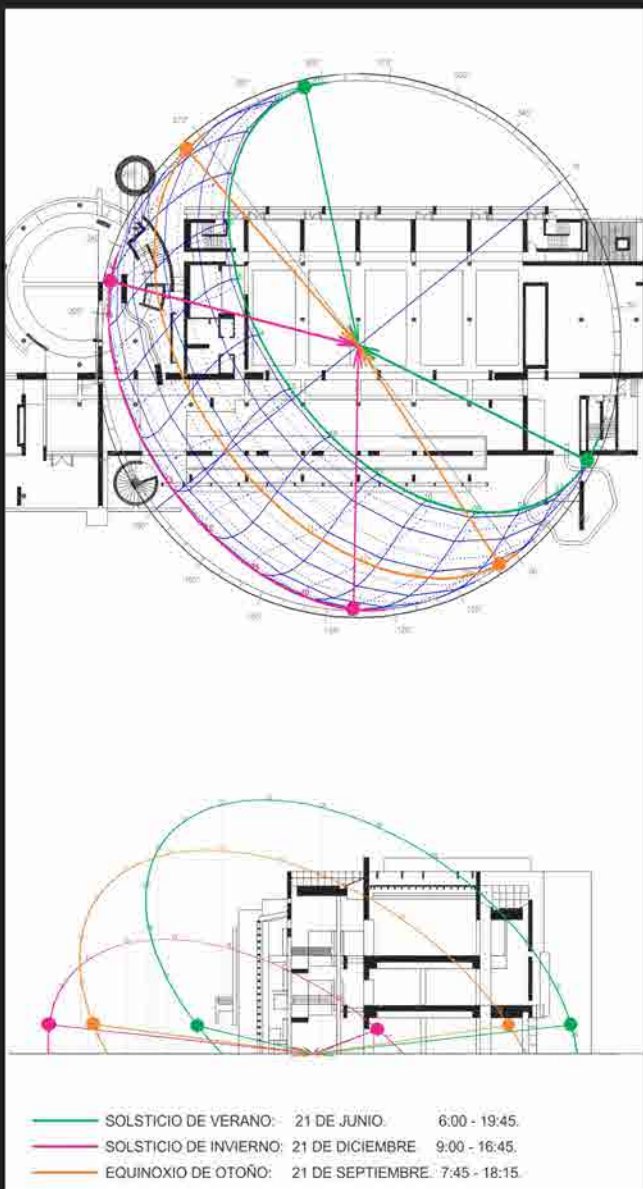
0 5 10 15 20



SECCIÓN TRANSVERSAL



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

El volumen principal del conjunto contiene las salas de exposición, las cuales se desarrollan en los tres niveles configurando unas plantas libres de forma rectangular delimitadas por las paredes externas del volumen, la estructura y el atrio de circulación vertical en rampa que recorre las tres plantas.

Grandes divisiones móviles permiten adecuar y subdividir cada sala de acuerdo a las necesidades de las exposiciones, controlando así los recorridos y configurando diferentes espacialidades siempre dentro de un mismo ambiente lumínico.

En el último nivel se encuentra la sala principal, la cual está habilitada para obras de gran formato, ya que cuenta con mayor altura en una relación de 1 a 1.5 con respecto al ancho. Esta sala está delimitada en sus laterales por los muros de cerramiento del volumen general, completamente cerrados al exterior. Al norte está delimitada por un muro cerrado que da paso a un espacio que sirve de pasillo técnico y vacío para llevar iluminación cenital a la sala del segundo nivel. En el costado sur las salas se integran al gran atrio y los pasillos de circulación. El techo está conformado por un gran lucernario que cubre todo el espacio.

FUENTES LUMÍNICAS

La principal fuente lumínica es la iluminación cenital proveniente del gran lucernario que cubre todo el espacio. Este lucernario cuenta a su vez con persianas móviles que lo hacen oscurecible de acuerdo a los requerimientos de las exposiciones.

La conexión directa con los pasillos de circulación lateral, permite que la luz del atrio se filtre a las zonas de exposición través de muros flotantes entre las columnas de la estructura, los cuales controlan la profusa luz del atrio y generan una transición lumínica hacia las zonas de exposición más oscuras en el momento en que este el lucernario cerrado.

Los demás laterales se encuentran completamente cerrados en su relación con el exterior, con lo cual sus paredes blancas actúan como reflectores difusos de la iluminación cenital, logrando así una iluminación completamente blanca y envolvente.

MATERIALES

El blanco puro es el material por excelencia usado por Meier en todos sus espacios. Los muros estucados y pintados de blanco y las perfilierías pintadas igualmente de blanco contrastan con un piso oscuro en piedra pulida que crea un basamento fuerte que contrasta con la alta luminosidad de las paredes blancas, haciendo percibir una iluminación siempre descendiente del techo y distribuyéndose uniformemente en el espacio. Grandes superficies acristaladas dejan colar el rayo directo del sol el cual viene manchado del color que le desprende a las fachadas de los edificios circundantes.

ARQUITECTOS DE LA LUZ RICHARD MEIER



Esta iglesia se destaca por su forma distintiva y elegante que la hace trascender en el contexto contemporáneo.

Este complejo se destaca formalmente de los deteriorados edificios residenciales de su entorno, y se convierte en un hito blanco sobre una gran plaza que prepara el camino de su feligresía.

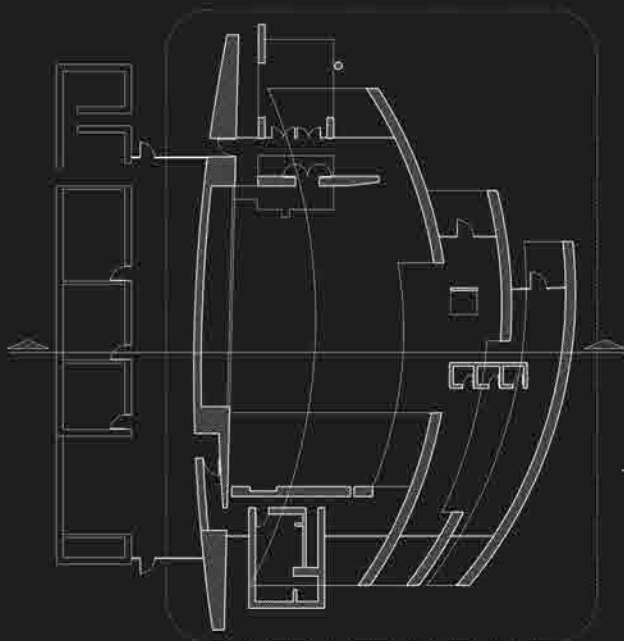
Este se compone de dos elementos: la iglesia en sí y el centro parroquial, que consta de oficinas, un auditorio y un salón de usos múltiples.

Ambos se separan por un muro curvo y cóncavo hacia la iglesia, pero se unen a través de la fachada acristalada.

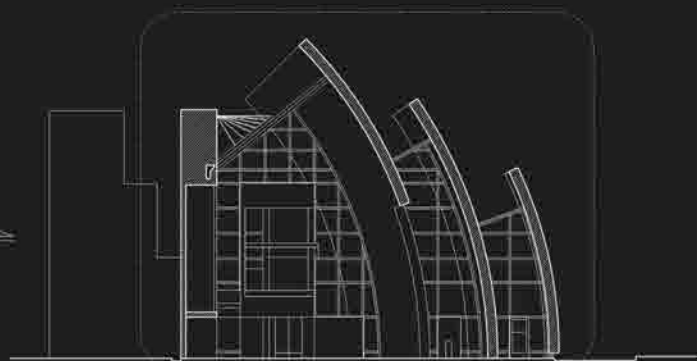
Según Meier el conjunto discretamente hace referencia a la sagrada trinidad, a través de tres conchas que se superponen formando y diferenciando los usos principales de la capilla.

Estas tres conchas están unidas por grandes superficies acristaladas que garantizan un generoso flujo de luz natural, permitiendo que esta bañe las paredes curvas del espacio, ofreciendo una experiencia siempre cambiante en el visitante.

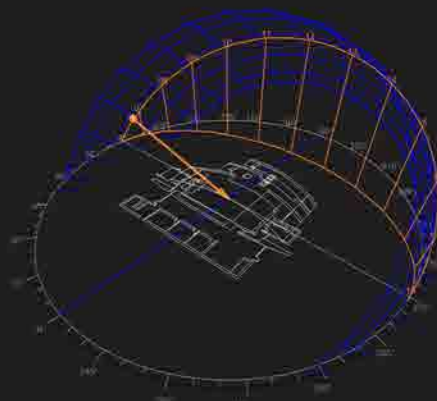
DIVES IN MISERICORDIA. ROMA. ITALIA. 2000



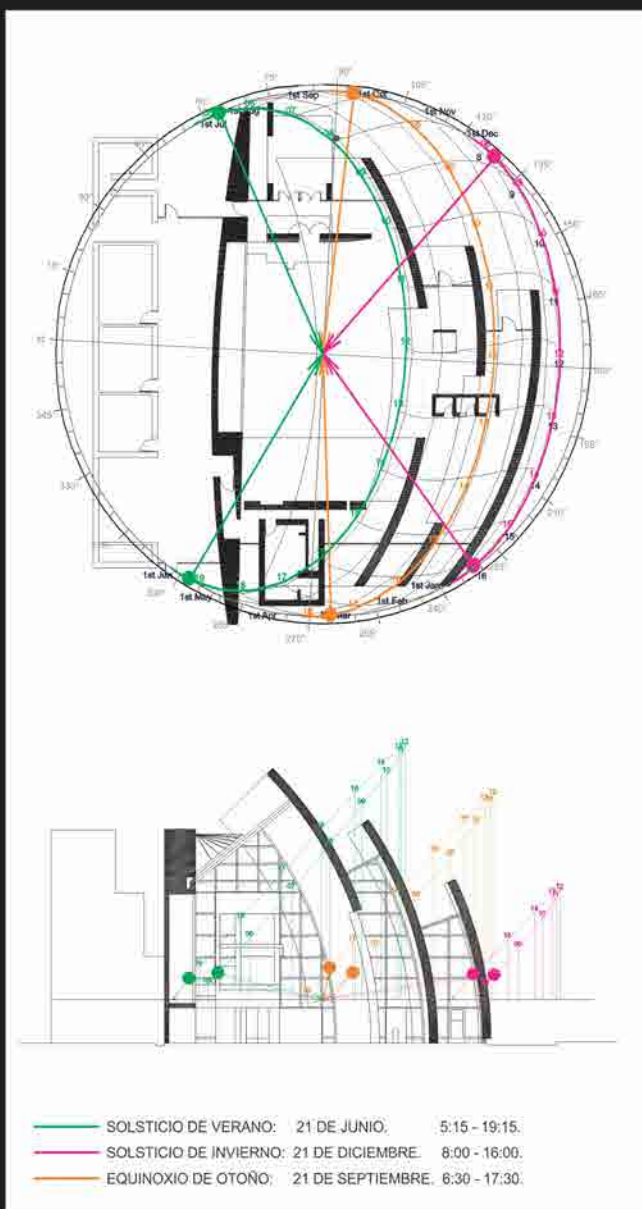
PRIMER NIVEL



SECCIÓN 1



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La capilla está compuesta por tres paredes curvas a manera de velas de un barco, que simbolizan "el barco en el cual navega la gente de Dios". Tres círculos de igual radio constituyen 3 capas que conjuntamente con la pared opuesta constituyen el cuerpo de la nave.

En la zona del altar se encuentra un prisma que utiliza aberturas y planos inclinados para lograr re direccionar la luz y generar iluminaciones indirectas recordando el efecto en la iglesia de Notre dame du Haut, en Ronchamp. En la entrada, opuesta al altar, se ubica el órgano montado sobre un prisma descompuesto en superficies y aristas que lo convierten en un volumen blanco transparente y casi virtual que parece flotar sobre la pared de mármol.

El muro curvo opuesto a las conchas y que separa la iglesia del centro parroquial se encuentra forrado con listones de madera, lo cual otorga calidez al espacio.

FUENTES LUMÍNICAS

La luz ingresa al espacio a través de claraboyas o superficies acristaladas que se encuentran entre las separaciones de las conchas, permitiendo que la luz ingrese por todas partes y se expanda suavemente. Estas superficies dejan pasar el rayo de luz solar advirtiéndolo misticamente la presencia de Dios. La blancura extrema de las superficies de las conchas, combinada con su curvatura hacen de éstas reflectores de luz difusa que logran generar una atmósfera luminosa envolvente. Las aberturas de las conchas intercomunican espacialmente las tres áreas claramente definidas por la curvatura de cada concha, logrando una espacialidad uniforme, pero zonificada por las sombras que se cuelan entre las conchas.

El volumen del altar presenta aberturas de diferentes tamaños que dejan pasar los rayos de luz y lo re direcciona a través de superficies inclinadas que generan reflexiones indirectas que modelan lumínicamente el altar.

MATERIALES

El cristal deja pasar la luz natural que envuelve todo el conjunto para que el blanco absoluto de las paredes de concreto la reflejen y se dejen teñir del color azul del cielo.

A sugerencia de Antonio Michetti, consultor técnico del Vicariato, se utilizó una estructura de bloques prefabricados de doble curvatura, ensamblada y unidos luego mediante técnicas de pos tensado, a través de cables horizontales y verticales. A fin de preservar la blancura del edificio la empresa Italcementi desarrolló un nuevo cemento conteniendo dióxido de titanio, llamado TX Millenium, que garantiza la blancura del concreto a pesar de la polución, lluvia o efectos del tiempo.

El altar, está hecho de mármol travertino, el cual juega armónicamente con el recubrimiento en madera del muro curvo lateral.

ARQUITECTOS DE LA LUZ



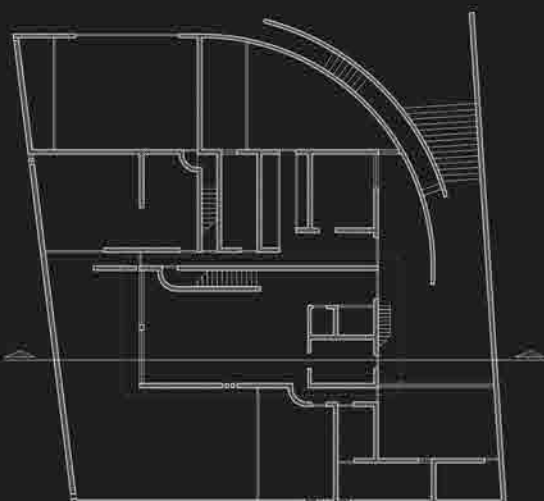
Esta casa es una construcción familiar compuesta por tres viviendas. Dos viviendas independientes en la planta baja donde habitan los padres y una para los dueños, la cual se desarrolla en la primera y segunda planta.

La volumetría se configura a partir de un cubo de 12 metros de lado situado en el centro del lote y un muro perimetral alto que rodea todo el lote y ayuda a configurar los patios en torno al volumen principal. Hacia el costado norte se desarrolla un muro curvo que acompaña el recorrido del acceso, el cual se hace a través de dos escaleras: una que descendiendo hacia un patio en la planta baja y da acceso a las viviendas de los padres y otra escalera que sube a la primera

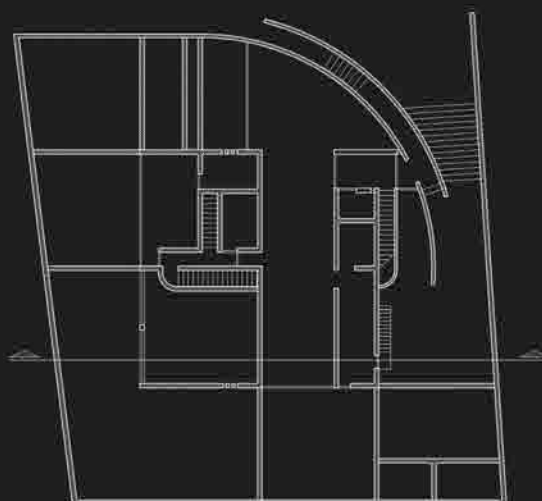
planta y da acceso a la vivienda de los dueños. El juego del volumen cúbico, del cual se desprenden terrazas que configuran patios accesibles desde las áreas sociales de las viviendas, permite integrar espacialmente el conjunto habitacional, pero conservando la privacidad de las viviendas.

El muro curvo contrasta con la rectitud general del volumen central aportando una línea sinuosa consecuente con el entorno natural del sector. Los grandes vanos perforando las superficies de concreto permiten una relación directa entre el interior y los patios exteriores, proporcionando a la vivienda un aire natural que invita a la vivencia del espacio y dejando que la luz natural pase franca a los espacios.

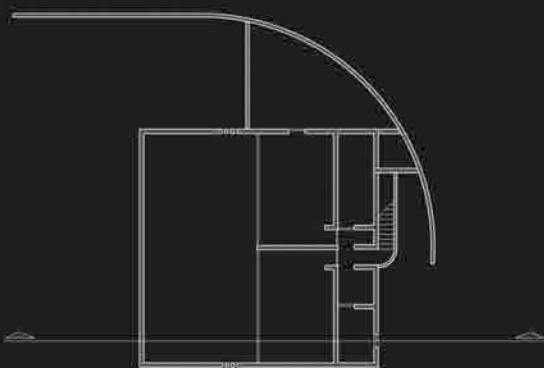
CASA KIDOSAKI, TOKIO. JAPÓN 1985 - TADAŌ ANDO



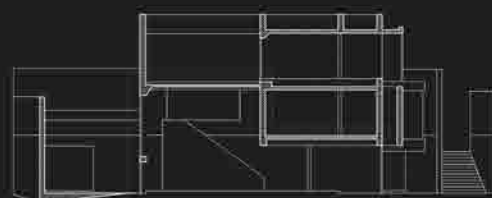
PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL



TERCER NIVEL



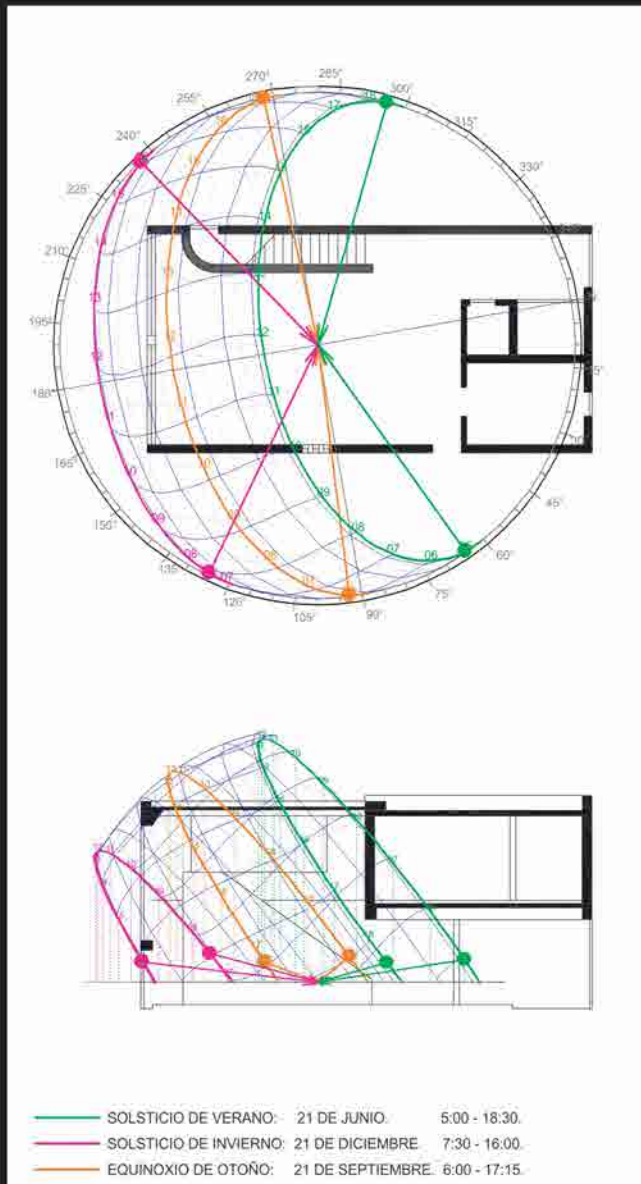
SECCIÓN 1

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10





ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

El salón de estar de una de las viviendas ubicadas en la planta baja ocupa uno de los espacios más representativos de la casa. Es un espacio de doble altura inscrito en la esquina nor-este del cubo. Sobre la doble altura de este espacio se asoma el volumen que ocupa el salón de la vivienda de los dueños en la planta primera. La generosidad de las dimensiones del espacio hace que este se vuelque sobre sí mismo a pesar de su relación directa con el patio trasero. Sobre el espacio también se proyecta un volumen que contiene las escaleras que comunican esta vivienda con la de los dueños en la planta primera. La estaticidad del espacio, generada por su limpieza, rectitud y proporciones, solo se rompe con la luz natural que entra directa por el lateral oriental completamente abierto y desmaterializado por el cristal. Así mismo tres aberturas verticales muy finas rompen la masa de las paredes permitiendo que la visual se cuele y que el espacio se integre con su entorno inmediato.

FUENTES LUMÍNICAS

La principal fuente luminica natural está dada por el muro del costado oriental, el cual se desmaterializa por completo, dejando solo rastros de la estructura, y convirtiéndose en una superficie completamente acristalada que deja pasar toda la iluminación. La orientación del volumen y la posición de este muro de cristal, favorece que la luz solo ingrese en las horas de la mañana y se recueste sobre el costado norte durante todo el año. En las horas de la tarde no ingresa el rayo directo del sol, con lo cual el espacio puede dejarse completamente abierto al patio trasero.

Las aberturas verticales laterales aportan muy poca iluminación natural, tanto por su orientación norte, como por las proporciones del vano. Aportando básicamente una relación visual con el exterior.

MATERIALES

Los muros vaciados en concreto, con una técnica constructiva que permite tener una superficie lisa y blanca, aportan una gran luminosidad al espacio. Así mismo el piso de un color claro se integra a los muros dando una sensación luminica completamente envolvente.

Esta blancura luminosa solo se rompe por la presencia de muebles fijos en madera los cuales aportan calidez al espacio. El cristal completamente transparente se desmaterializa ante la presencia de uno muros sólidos y claros. Los paneles o cortinas móviles semi transparentes usados para detener el paso directo de los rayos solares, son elementos que complementan el espacio dotándolo de habitabilidad.

ARQUITECTOS DE LA LUZ TADAO ANDO



LAT 34.77° - LONG 135.28°

Esta casa se encuentra emplazada en la ladera de una montaña densamente arborizada cuya configuración irregular contrasta con la rigidez de las formas geométricas de la casa. La casa se organiza volumétricamente a partir de dos prismas rectos alargados de diferente tamaño, los cuales corren paralelos entre sí y configuran un patio exterior.

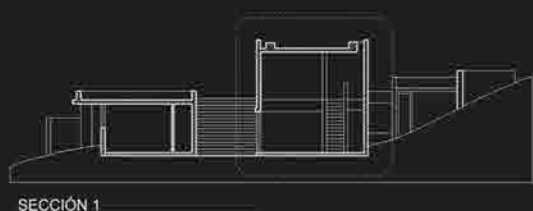
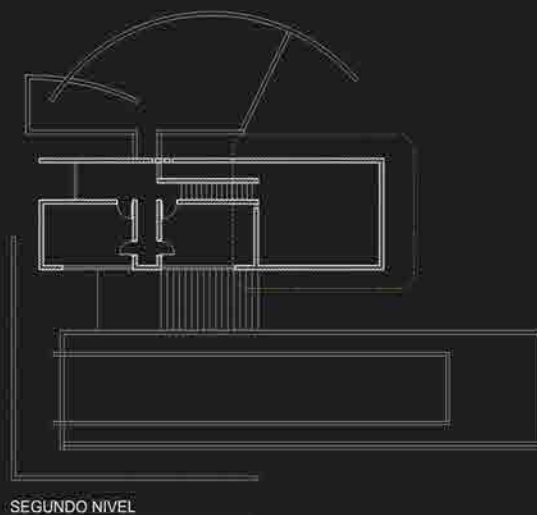
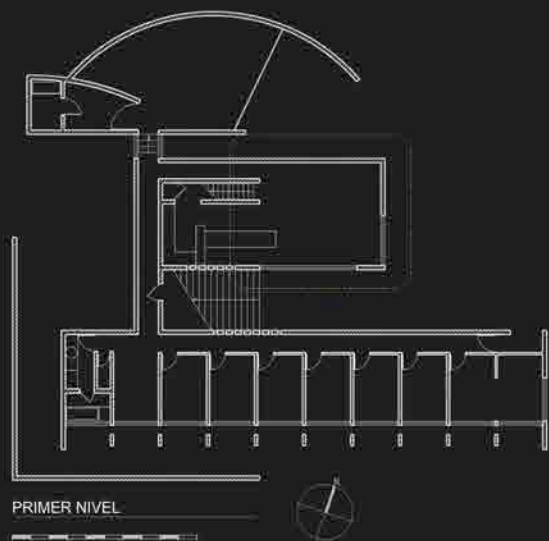
Estos volúmenes se unen a través de un pasillo subterráneo por debajo de las escalinatas del patio. El volumen principal, a través del cual se accede por la parte superior, aloja en la planta alta

el dormitorio principal y en la planta baja el comedor, la cocina y la sala de estar. El otro volumen contiene seis dormitorios y dos tatami en disposición lineal, el vestíbulo y los baños.

Posteriormente se adiciona un estudio que rompe geométricamente con la rigidez de estos dos prismas rectos, generando una línea curva sinuosa que armoniza con las líneas naturales del exterior.

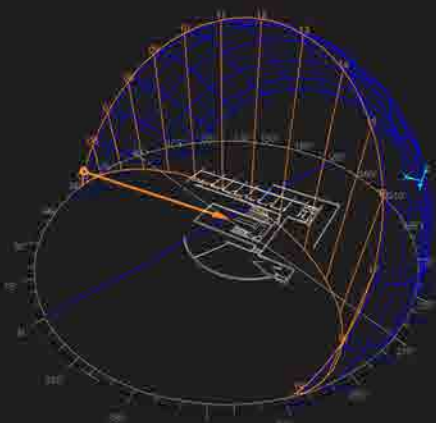
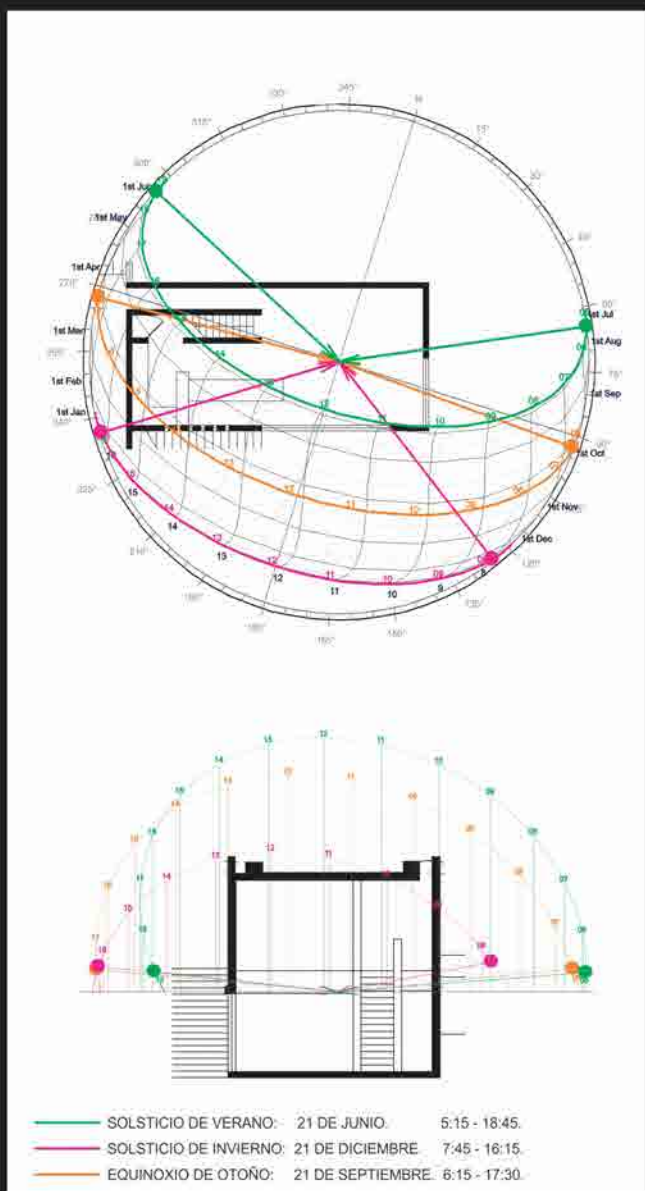
El tratamiento de lucernarios lineales en las cubiertas y aberturas verticales en los muros genera un contraste de luz y sombra que resalta la textura de los muros en concreto e ilumina sutilmente los espacios.

CASA KOSHINO. HYOGO. JAPON. 1980 - 1984





ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La sala de estar se inscribe en el volumen principal en un espacio de doble altura sobre el cual se proyecta la habitación principal localizada en la planta superior y el comedor localizado en la misma planta.

Este espacio se respalda en dos muros de concreto de doble altura, los cuales forman la masa sólida del volumen general. Uno de estos muros se perfora con un gran ventanal para relacionar el comedor y la sala de estar con el paisaje exterior. El otro lateral se perfora igualmente para relacionarse directamente con el patio central.

La orientación de los volúmenes favorece la iluminación ya que durante todo el año el muro principal recibe iluminación directa, al tiempo que el volumen secundario produce sombra sobre los ventanales de la sala de estar.

FUENTES LUMÍNICAS

Este espacio recibe dos tipos de iluminación. Una cenital directa que deja pasar los rayos solares e iluminan el muro lateral principal convirtiendo este muro de concreto en una pantalla de luz y otros dos laterales conformados por grandes aberturas en las paredes, las cuales permiten el ingreso de la luz directa e indirecta proveniente de los reflejos del exterior.

La iluminación cenital y la lateral crean una tensión diagonal hacia donde se abre la sala de estar, logrando una luminosidad contrastada, no uniforme que crea efectos dramáticos en el ambiente. De esta manera la luz cenital es fuerte y dramática y la luz lateral es suave y armoniza con el paisaje.

MATERIALES

El concreto gris vaciado en grandes placas es el principal elemento con el que Tadao Ando moldea sus espacios.

Este concreto absorbe la iluminación indirecta debilitando la luz y haciendo misterioso el juego de la luz con la sombra, pero a su vez refleja y direcciona los rayos directos del sol convirtiéndose en pantalla luminica. La luz revela a su vez la textura del material en el juego continuo de las sombras.

El vidrio transparente y casi inmaterial se contrapone a la fuerza del concreto para dejar pasar la luz e integrar el interior con el paisaje lejano.

Los pisos de madera y claros, recuerdan la arquitectura japonesa y le transfieren calidez al espacio.

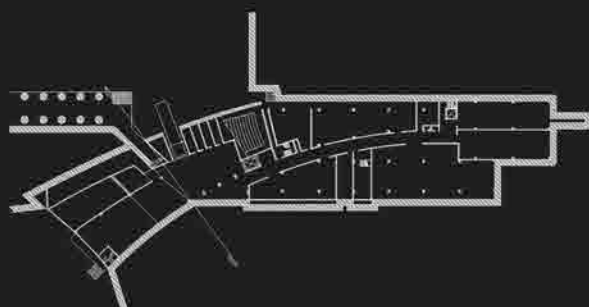
ARQUITECTOS DE LA LUZ



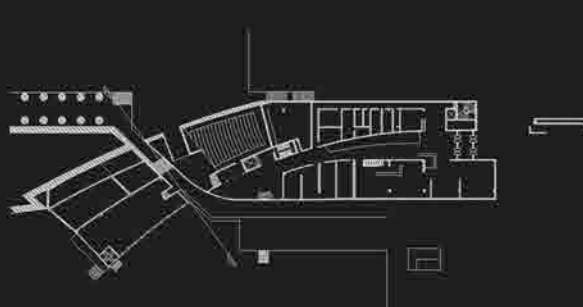
El concepto del Kiasma proviene de un término biológico que significa entrecruzamiento, mediante el cual en la masa del edificio se entrelaza la geometría de la ciudad y del paisaje circundante, representados en dos volúmenes formalmente diferenciados. Un muro de hielo en el hall principal permite la penetración de la luz natural a través de sus placas de cristal traslucido, reflejando la luz hacia abajo a lo largo del espacio y dejando que esta ingrese a las diferentes salas de exposición. El diseño global se convierte en una "galería de salas" organizadas en una secuencia espacial curva, la cual proporciona múltiples y cambiantes perspectivas acompañadas de misterio. Estas salas, casi todas semi rectangulares y con un muro curvo, proporcionan un

telón de fondo dramático a las obras contemporáneas. Uno de los elementos más destacados de este museo es que todas sus 25 salas cuentan con luz natural, gracias al muro curvo que se dobla sutilmente y se perfora formando lucernarios para permitir el ingreso de la luz natural cenitalmente a las salas entrelazadas y dispuestas en las tres plantas. El Kiasma funciona como un foro de arte abierto y flexible para la celebración de eventos, representaciones, etc. El auditorio tiene una fachada trasera de vidrio que lo hace visible desde el paisaje exterior que atraviesa el edificio en la planta baja. Las vistas del exterior desde los recorridos interiores, hacen que el edificio se integre a la ciudad acercando el arte a través de la arquitectura.

MUSEO KIASMA, HELSINKI. 1996 - STEVEN HOLL



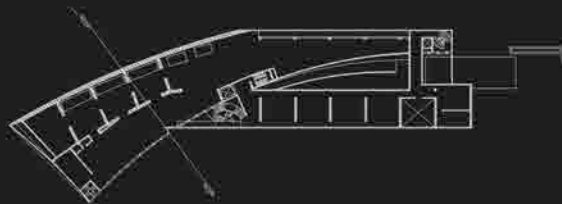
NIVEL SUBTERRÁNEO



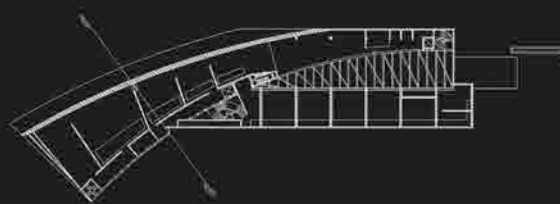
PRIMER NIVEL



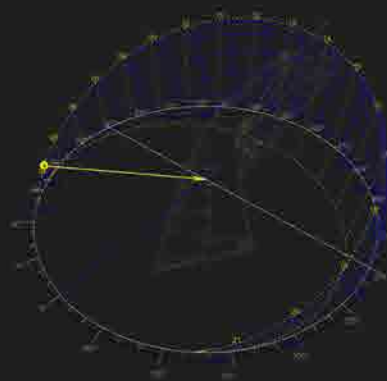
SECCIÓN TRANSVERSAL



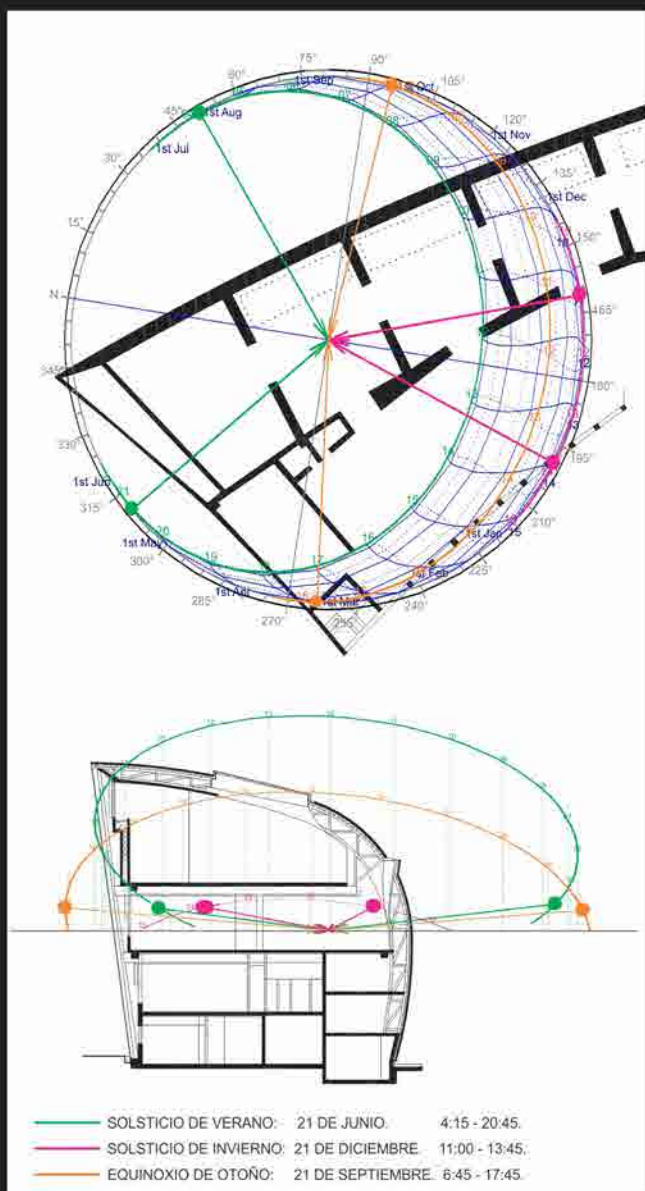
SEGUNDO NIVEL



TERCER NIVEL



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La sala principal de exposición, ubicada en la tercera planta y dedicada a las exposiciones de gran formato se configura a partir del muro curvo que se pliega para convertirse a su vez en la cubierta; de esta manera se configura un continuum espacial que envuelve a las obras de arte y los visitantes.

En el lateral opuesto un muro recto e interrumpido antes de tocar la cubierta se constituye en el respaldo de las exposiciones dotando al espacio del equilibrio requerido.

Esta sala, de planta irregular con ángulos rectos en las esquinas, pero con laterales curvos, configura un recinto único que incita al dialogo introspectivo con el arte, pero también a la reflexión interior. Los grandes lucernarios que perforan la cubierta, centralizan la tensión en el espacio enfatizando su linealidad.

FUENTES LUMÍNICAS

En este espacio se conjugan dos tipos de iluminación: una cenital lograda por los lucernarios que se abren sobre la cubierta, y que se organizan linealmente en el centro del espacio y una lateral conformada por la abertura lineal dejada entre el muro y su remate con la cubierta curva.

La inclinación de la cubierta y la dirección que toman los lucernarios, permite capturar la luz horizontal característica de estas latitudes, impidiendo así mismo el ingreso de los rayos directos del sol.

La sinuosa superficie que configura estos lucernarios, dispersa difusamente la luz logrando una iluminación envolvente y uniforme en todo el espacio.

La luz lateral ingresa por encima del muro grueso del costado occidental, iluminando la cubierta por debajo y resbalándose hacia el interior del espacio.

MATERIALES

Las superficies blancas, con una textura que juega con la luz que se resbala por las paredes, se comportan como muros de hielo permiten que la iluminación natural que ingresa a los espacios los envuelva completamente y cree contrapuntos lumínicos donde se establecen los contrastes entre luz y sombra.

El piso rústico y de color oscuro crea una base fuerte sobre la cual se posan estos muros. El cristal traslucido usado en los lucernarios para permitir el paso de la luz, se inmaterializa por la luz homogénea del ambiente exterior.

ARQUITECTOS DE LA LUZ STEVEN HOLL



LAT 47.61 - LONG -122.31

Regida por las ideas de los ejercicios espirituales de la doctrina Jesuita para llegar a la comunión con lo sagrado, este se concibe bajo la idea de siete botellas de luz en una caja rectangular con el objeto de lograr un espacio unitario bañado por múltiples luces, donde cada uno de los espacios tiene un lucernario que permite el ingreso de la luz natural, la cual juega con muros y vidrios de colores, permitiendo caracterizarlos según el programa de la capilla así:

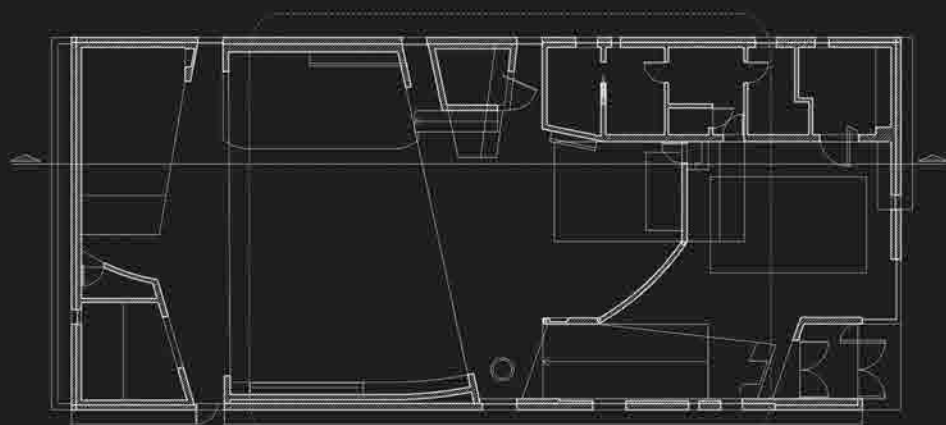
la rampa interior que prolonga la entrada procesional y el nártex ó espacio previo a la nave están iluminados con luz natural; la nave recibe la luz filtrada por un vidrio azul y otro amarillo de diferente orientación; un tragaluz con las paredes interiores naranja y el vidrio morado iluminan la capilla del Santísimo Sacramento; el coro está

iluminado en verde; y la capilla de la Reconciliación recibe la luz de un lucernario con las paredes moradas y el vidrio naranja.

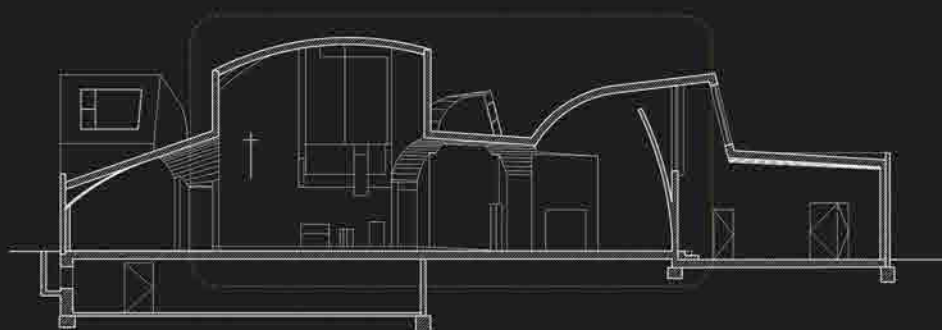
En el exterior, el estanque y el campanario reflejan la luz que emana por la noche de la capilla.

Uno de los elementos destacados del edificio ha sido el sistema constructivo el cual utiliza paneles semi prefabricados en sitio, de diferentes tamaños y formas, los cuales fueron izados y ensamblados dejando entre unos y otros los espacios para las ventanas laterales. Cada uno de los lucernarios o botellas presenta una forma y orientación particular que configuran una geometría compleja para la cubierta, la cual está forrada en zinc.

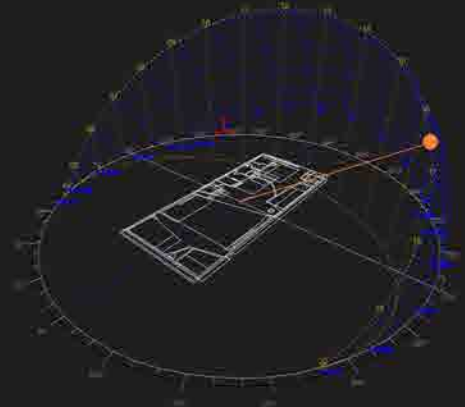
CAPILLA SAN IGNACIO. SEATTLE. EEUU. 1998



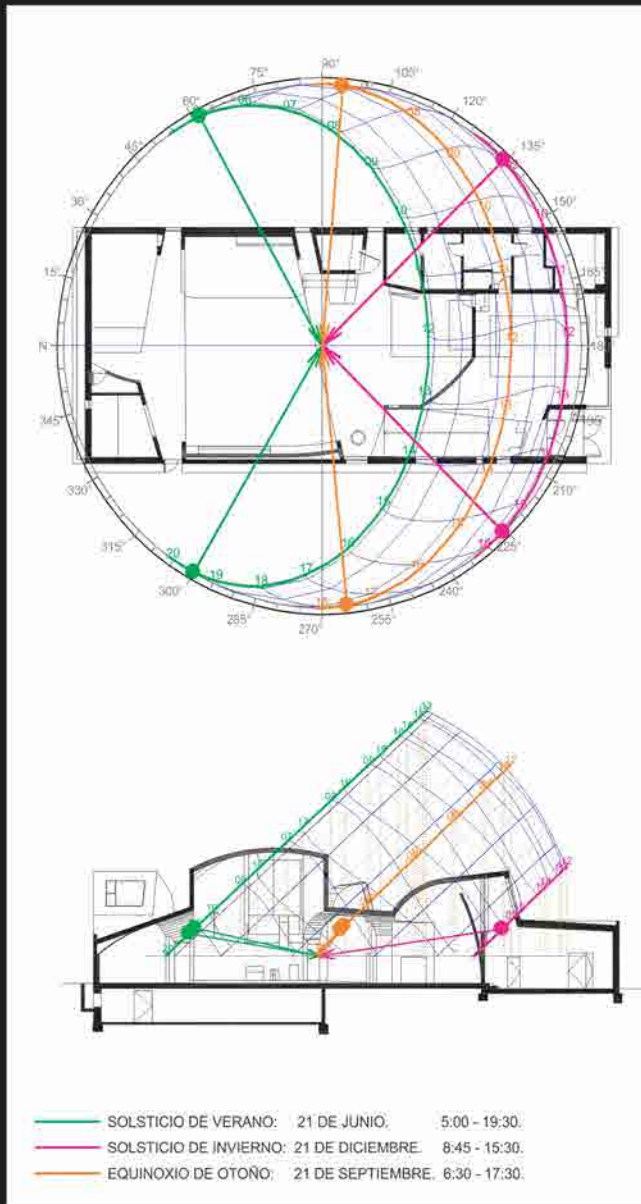
PRIMER NIVEL



SECCIÓN 1



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La nave principal, lugar para la celebración del culto litúrgico, se inscribe dentro del volumen en un espacio de base rectangular y de gran altura rematado por una cubierta alabeada. Este espacio se comunica lateralmente con los demás espacios de la capilla configurando el punto central del conjunto. Está orientada en sentido oriente – occidente, transversalmente con respecto al volumen general, y genera una tensión fuerte hacia el lateral oriental donde está colocado el altar.

La forma de la cubierta alabeada y lugar más alto de la capilla, permite destacar volumétricamente ese espacio e iluminarlo lateralmente.

FUENTES LUMÍNICAS

Presenta dos fuentes lumínicas principales, ambas laterales y ubicadas en las paredes generando una tensión lumínica entre sí. Una de ellas está colocada en el lateral occidental, al fondo de la nave, conformada por un muro que se pliega y se separa de la fachada para permitir que ingrese la luz natural. Este muro está pintado de azul por el revés lo cual hace que la luz directa del sol que ingresa por la ventana rebote sobre la pared azul y entre al espacio de manera lateral generando una iluminación azulada.

En el muro que se encuentra al frente del lateral utiliza el mismo efecto, pero en este caso pinta el muro de amarillo y deja que la luz ingrese a través de vidrios claros y de color, con lo cual logra una luz cálida que mancha de color amarillo el fondo del altar. La orientación este – oeste garantiza que exista siempre rayos directos solares sobre las fachadas que tienen estas aberturas durante todo el año.

MATERIALES

La capilla en su interior está pintada de un color gris nácar de alta reflectividad el cual permite reflejar intensamente la luz proveniente de los lucernarios y de los laterales, reforzando los efectos de color causados por los muros pintados de color en su revés, o por la luz ingresando a través de vidrios de colores.

El piso oscuro crea una base fuerte que contrasta con la claridad de las paredes y refuerza el sentido descendente de la iluminación.

ARQUITECTOS DE LA LUZ



Esta vivienda implantada a media ladera en Pozuelo de Alarcón, le valió a Campo Baeza el Premio Especial de la Bienal Mundial de Arquitectura 1989, de Sofía, Bulgaria.

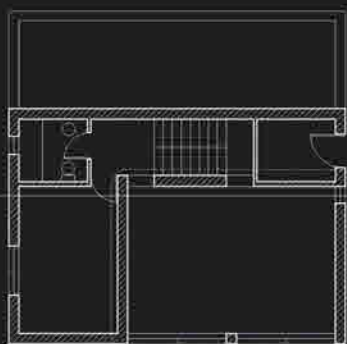
La vivienda cumpliendo al máximo las ordenanzas y la economía se resuelve compositivamente en un cubo blanco de 10 metros de lado que configura un espacio diagonal de triple altura que conecta todos los espacios sociales, los cuales son atravesados por una luz diagonal proveniente de lucernarios y ventanas altas que otorgan una luminosidad compositivamente clara e integradora.

Se divide en dos, dejando la mitad orientada al norte para las habitaciones y una franja central con los baños, aseo

y cocina; la mitad sur se dedica a las áreas sociales con doble altura: estar, comedor y estudio, los cuales se vuelcan uno sobre otro produciendo una integración espacial en diagonal.

El cubo tiene una orientación de 25 grados al oeste con respecto al norte, lo cual le otorga una orientación privilegiada para el manejo de la iluminación natural y el asoleamiento. La volumetría permanece limpia asomando solo un volumen rectangular y un muro curvo en la cubierta para generar la doble altura del estudio. Las caras laterales se dejan completamente planas y perforadas por las aberturas que dejan paso a las ventanas de distintos tamaños, formas o orientación.

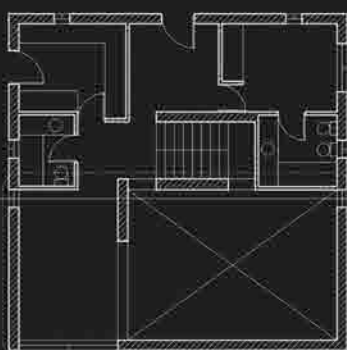
CASA TURÉGANO, MADRID 1986 - ALBERTO CAMPO BAEZA



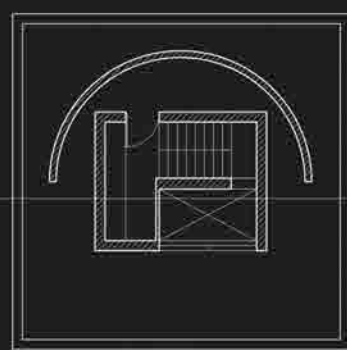
PLANTA BAJA



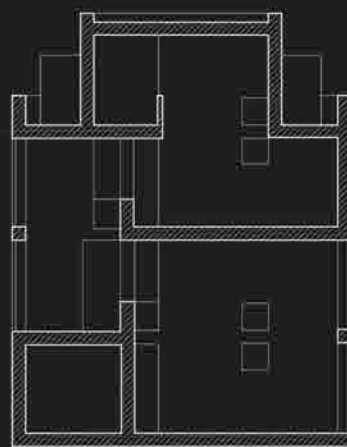
SEGUNDO NIVEL



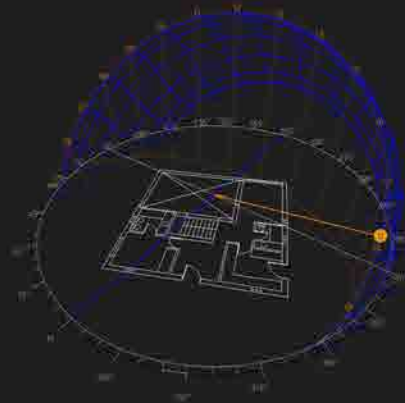
PRIMER NIVEL



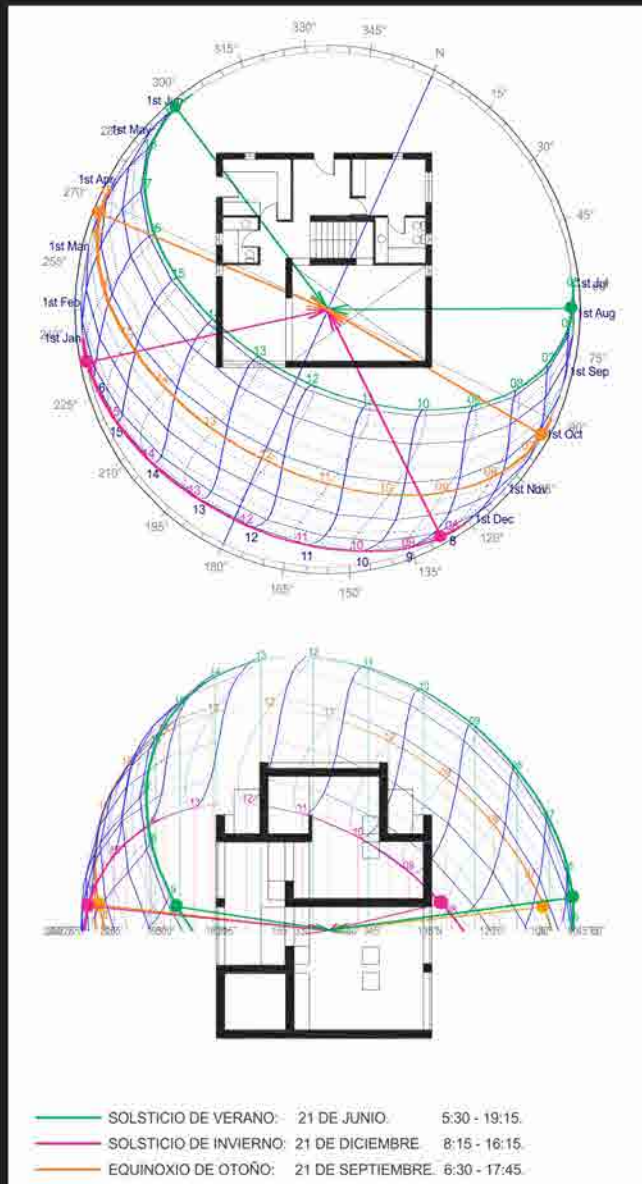
TERCER NIVEL (CUBIERTA)



SECCIÓN 1



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

Los tres espacios sociales principales: el salón, el comedor y el estudio, dispuestos cada uno en un nivel de la vivienda, se logran integrar en forma diagonal volcándose uno en el otro a partir de la doble altura de cada uno de los espacios. Esta fluidez espacial se refuerza con la iluminación diagonal que se establece entre el salón y el comedor y entre el estudio y el comedor. Estos espacios sociales se abren al paisaje lejano a través de las aberturas que dan paso a la luz, pero se cierran a las áreas privadas dándoles mayor intimidad y una gran claridad funcional.

FUENTES LUMÍNICAS

La privilegiada orientación del cubo le permite que los ventanales de los espacios sociales se abran al sur para recibir los rayos directos del sol en el invierno, en el verano estos rayos son atrapados por la cara occidental del cubo la cual se cierra dejando solo pequeñas aberturas para iluminar las habitaciones.

El espacio de triple altura que conecta los espacios sociales, esta conectado igualmente por una luz diagonal que proviene de una ventana alta lateral en el comedor, por donde ingresan los rayos solares en la época de verano recorriendo todo el espacio, y aberturas laterales en el estudio y el salón los cuales se abren al sur. De esta manera se crea una tensión no solo espacial sino luminica entre todos los espacio de la casa.

En el tercer nivel de nuevo aparece la luz diagonal iluminando los espacios, generada por una luz cenital que crea una tensión diagonal con una ventana lateral abierta al sur.

MATERIALES

Los muros gruesos pintados de blanco, son el material por excelencia usado por Campo Baeza en todas sus casas.

Este cubo blanco por dentro y por fuera, deja que la luz del lugar penetre sus paredes por diferentes aberturas y que se manchen del color del cielo.

El piso de una piedra pulida muy clara, refuerza la blancura de las paredes generando un ambiente luminico envolvente uniforme que se rompe solo al advertir la presencia de un cuadro, un mueble o un objeto dispuesto en el espacio.

ARQUITECTOS DE LA LUZ



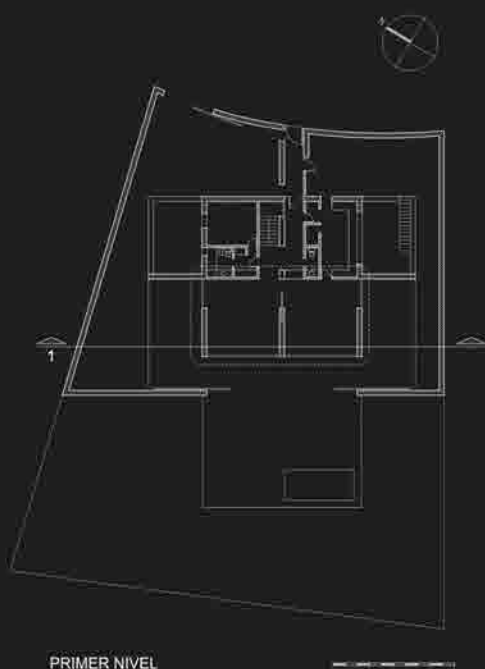
La intensa luz de Cádiz, es el material principal con el que se levanta esta casa, que es un espacio diagonal atravesado por la luz diagonal resultante de la conexión de dos espacios a doble altura que se unen en la altura común.

La casa se abre al jardín con una gran abertura a través de un porche profundo que permite una visión panorámica enmarcada en la sombra. El suelo se prolonga hacia el exterior en una plataforma extensa como la casa misma, y aparece como flotando sobre el intenso verde del jardín.

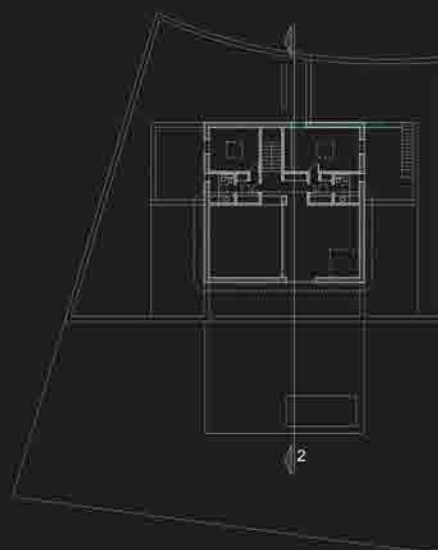
Compositivamente la casa es un cuadrado dividido en dos mitades, la mitad delantera que aloja los espacios comunes de estar, el comedor y la biblioteca. La mitad posterior, además de las circulaciones verticales, aloja los espacios privados, los dormitorios y los servicios.

La sala de estar se inscribe volumétricamente en una cuarta parte del cubo generador del volumen, dando lugar a un espacio de doble altura que se comunica con la biblioteca en forma diagonal.

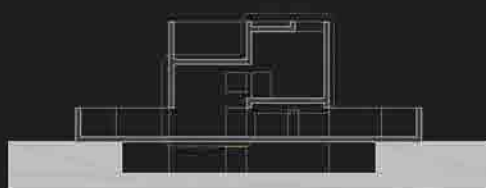
CASA ASENCIO, CADIZ 2001 - ALBERTO CAMPO BAEZA



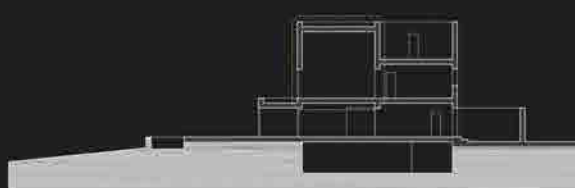
PRIMER NIVEL



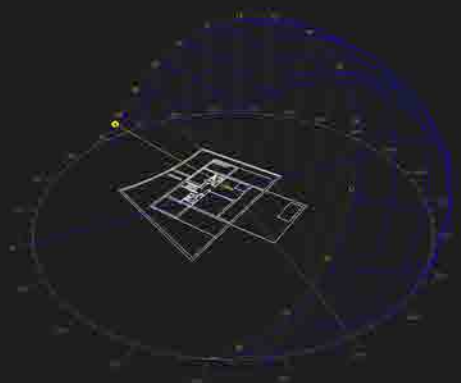
SEGUNDO NIVEL



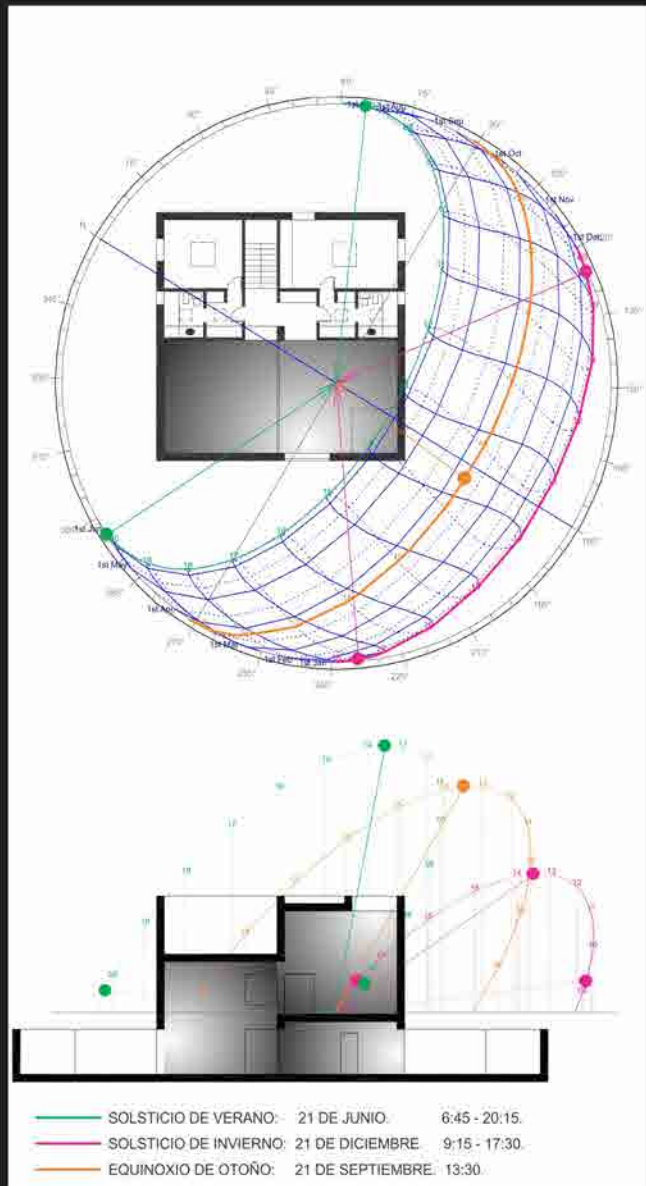
SECCIÓN 1



SECCIÓN 2



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

Este es un espacio configurado por la biblioteca en el segundo nivel y la sala de estar en el primer nivel. Estos dos espacios se comunican diagonalmente y ambos conforman las áreas públicas de la casa. En este espacio, Campo Baeza estructura una iluminación natural que lo envuelve completamente y lo atraviesa diagonalmente.

FUENTES LUMÍNICAS

Un ventanal corrido ubicado en el primer piso y que se abre completamente al exterior, permitiendo el ingreso lateral de la iluminación proveniente del cielo y del rebote generado en las paredes del patio que conforman el perímetro de la casa.

Un abertura ubicada en el segundo nivel y que permite que el paisaje lejano se introduzca al interior de la casa. Esta permite el ingreso de una luz horizontal controlada y enmarcada que recorre todo el estudio.

Una abertura en la cubierta que permite el ingreso de un chorro de luz que recorre todo el estudio durante el día y que baña verticalmente las paredes que conforman el espacio. Esta abertura, localizada en una arista superior del cubo que conforma la vivienda, permite que la luz difusa del cielo se re direccione por el rebote en las paredes e ilumine suavemente el espacio. La luz directa de los rayos del sol, recorre el espacio desprendiendo la blancura de las paredes y convirtiéndolas de esta manera en fuentes de luz indirecta que se movilizan conforme pasan los horas del día.

MATERIALES

Los muros completamente blancos y un piso de piedra claro, cálido y brillante ponen en tensión la luz que entra por las aberturas, convirtiéndose así en fuentes de iluminación indirecta que envuelven todo el espacio. Estos muros adquieren la tonalidad del color de la luz que cambia con las horas del día, permitiendo reflejar en cada una de las paredes el paso del tiempo: a veces teñidos de azul como el cielo abierto característico del lugar, o teñidos de naranja reflejando el atardecer marino. De igual manera el verde del bosque al que se abre la casa se convierte en paleta de color, que invade el interior de la casa dotándola de mucha naturalidad y armonía.

ARQUITECTOS DE LA LUZ



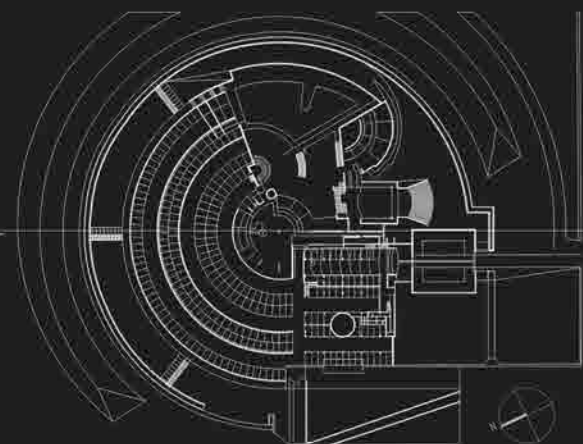
Este proyecto se destaca por una compleja volumetría que acoge la diversidad de actividades del programa, y por su localización estratégica dentro de un gran parque urbano de la ciudad, lo cual le permitió al arquitecto trabajar los exteriores con un sentido urbanístico de tejido de ciudad, incorporando los recorridos externos hasta los bordes inmediatos de las salas e incluso desarrollando un recorrido a lo largo de las cubiertas del complejo.

Se configuran volumetrías independientes para diversas actividades, tales como el auditorio de mediana capacidad, la sala infantil una sala de exposiciones y un recinto para eventos, junto a la gran sala de la biblioteca donde se localizan los libros y las salas de lectura. Este volumen principal, cuya base la forma media circunferencia y se

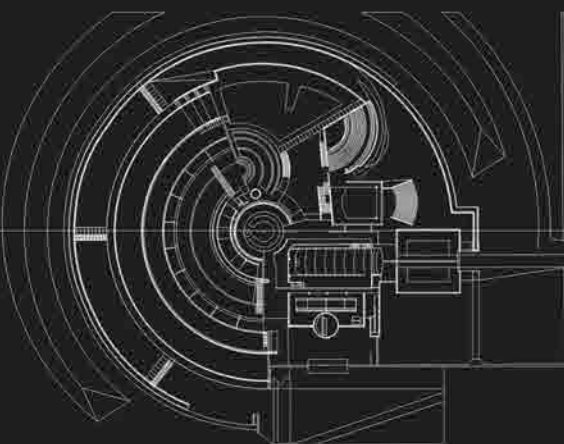
organiza espacialmente en forma radial, se eleva dos niveles escalonados, albergando las estanterías, zonas de lectura, accesos y el área administrativa.

El uso del ladrillo, el conocimiento minucioso de sus cualidades estéticas y formales le permite a Salmona configurar una piel que envuelve todo el complejo, creando un fachada profunda con la cual juega horadándola para conformar espacios íntimos que permiten que la luz entre suavemente y la mirada se fugue. Este complejo se encuentra aislado de las vías circundantes a través de una extensa área verde que crea un jaillón que lo hace percibir enterrado dentro de un lago o espejo del agua, el cual refleja el cielo y lo introduce sutilmente a través de las ventanas inferiores.

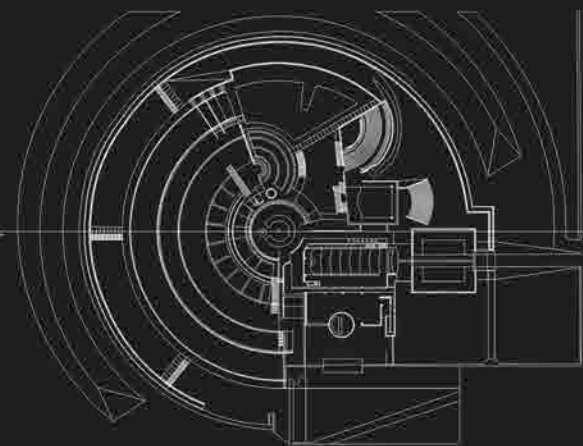
BIBLIOTECA VIRGILIO BARCO, BOGOTÁ 2001 - ROGELIO SALMONA



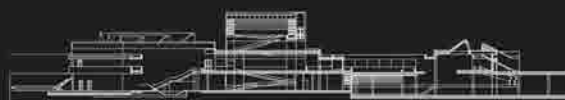
PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL



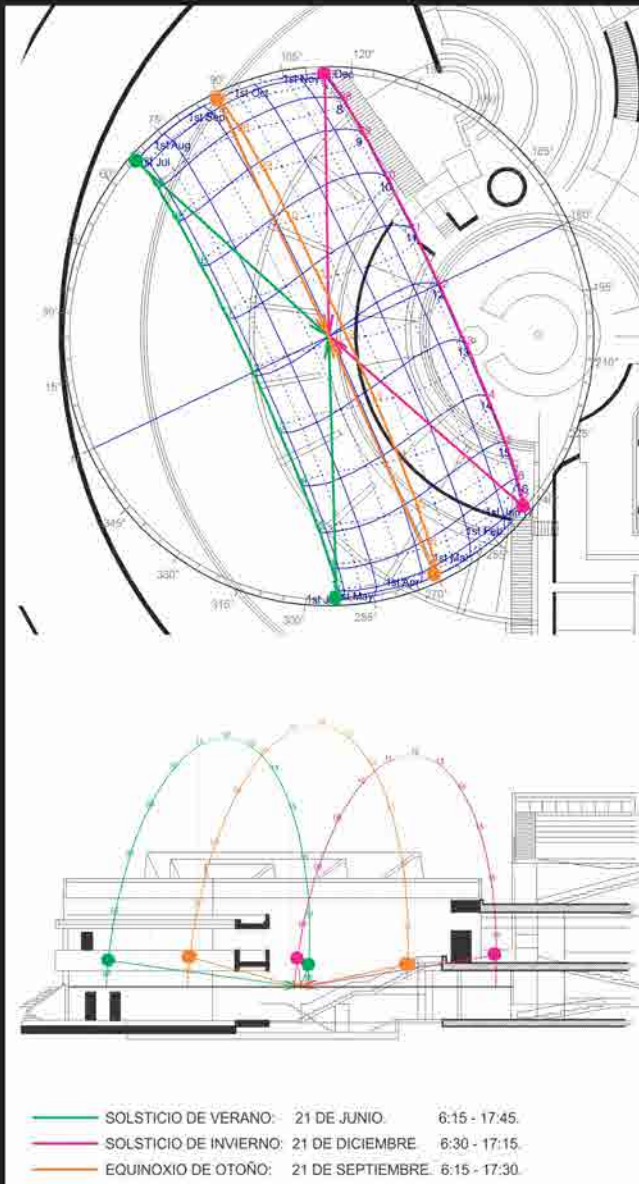
TERCER NIVEL



SECCIÓN TRANSVERSAL



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La sala principal de lectura se desarrolla en un espacio longitudinal que recorre una línea curva de casi media circunferencia de extensión, y dos niveles útiles escalonados. Hacia el perímetro de la circunferencia se localizan las zonas de lectura individual y estanterías; en el centro se configura un gran vacío que recorre longitudinalmente todo el espacio y organiza las áreas de trabajo grupal; y hacia el centro se localiza en primera planta el acceso con un gran muro curvo convertido en estantería circular y que acompaña dos rampas de descenso a las zonas de lectura. En el segundo nivel se localiza el área administrativa. Una rampa y una escalera laterales organizan las circulaciones verticales las cuales comunican los pasillos que se proyectan hacia el gran vacío. En el perímetro externo primera planta, el retranqueo de la piel de ladrillo configura nichos de trabajo individual que crean una fachada profunda y genera una luminosidad tenue e íntima en armonía con el lago circundante.

FUENTES LUMÍNICAS

A pesar de que existe un ángulo axial que orienta la sala en sentido norte sur, su geometría hace que parte de los lucernarios y ventanas tengan una orientación oriente u occidente, con lo cual parte de los rayos solares directos ingresan al espacio, pero de manera muy controlada. La principal fuente lumínica está dada por un lucernario que recorre longitudinalmente todo el espacio y está formado un una pantalla inclinada de concreto blanco que captura toda la iluminación cenital y la redirige para introducirla como fuente de iluminación difusa. Las fachadas laterales en el segundo nivel presentan ventanales corridos que se retrasan de la fachada de ladrillo y permiten una iluminación lateral y cenital directa. En el primer nivel sobre esta misma fachada se crean grandes vanos de forma cuadrada que reciben una iluminación lateral más controlada debido al retranqueo de la fachada.

MATERIALES

El concreto a la vista blanco genera superficies neutras que toman la luz difusa que entra por cielos y paredes y la redirigen al interior del espacio. El juego con el ladrillo que configura la piel exterior, permite crear texturas que juegan con la luz creando sombras y dejándose arrancar por la luz un color rojizo que se complementa con el color de la madera del piso, para dar al conjunto una tonalidad ocre oscura, sobria en los primeros niveles, pero festiva en la planta alta donde hay mayor iluminación.

ARQUITECTOS DE LA LUZ



El edificio de Posgrados de la Facultad de Ciencias Humanas, está situado en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Colombia.

Todas sus dependencias están organizadas alrededor de tres patios o espacios abiertos, y de un vestíbulo central que comunica, por el norte, con la sala de lectura, atravesando un patio circular y espejo de agua; por el occidente con los salones de exposiciones y con un espacio multiuso rodeado por una rampa que comunica con la cafetería en el piso inferior y con los jardines en los pisos superiores; por el sur con las aulas, las salas de seminarios y dos auditorios.

El segundo piso contiene 4 auditorios, 8 salas de

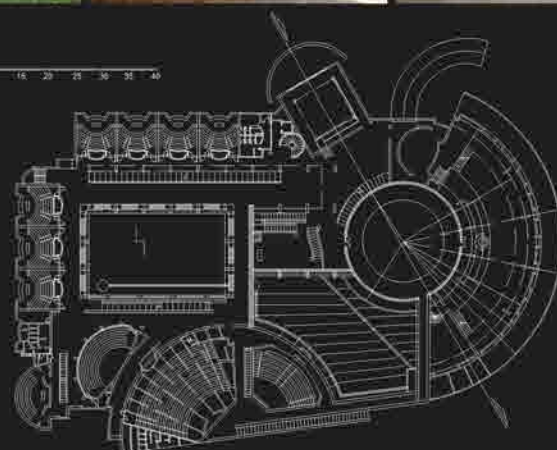
seminarios y un vacío sobre la galería del primer piso. En el tercer piso, se encuentran las dependencias de los investigadores y un auditorio al aire libre, dos apartamentos para profesores invitados y una terraza jardín.

El arquitecto hace uso de secuencias de patios, distintos niveles, espejos y canales de agua, y la obra adquiere así cierto carácter de ciudades internas, con sus calles y plazas. La transición desde estos patios públicos hasta los interiores más privados se suele realizar mediante unos espacios sombreados que utilizan la iluminación natural para dirigir y resaltar las circulaciones. El edificio está construido con una estructura de hormigón visto, color ocre y ladrillo del mismo tono.

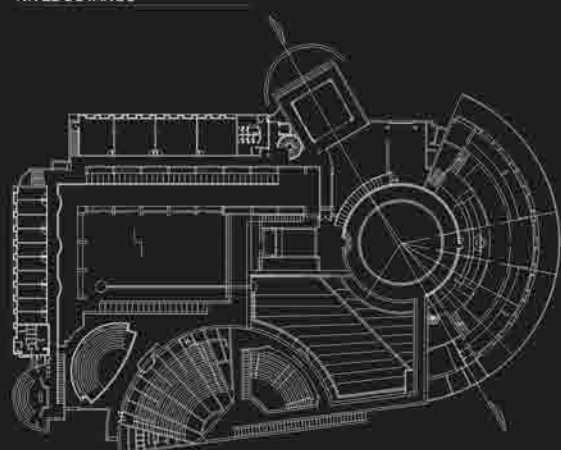
EDIFICIO DE POSGRADOS UNIVERSIDAD NACIONAL, BOGOTÁ 2000 ROGELIO SALMONA



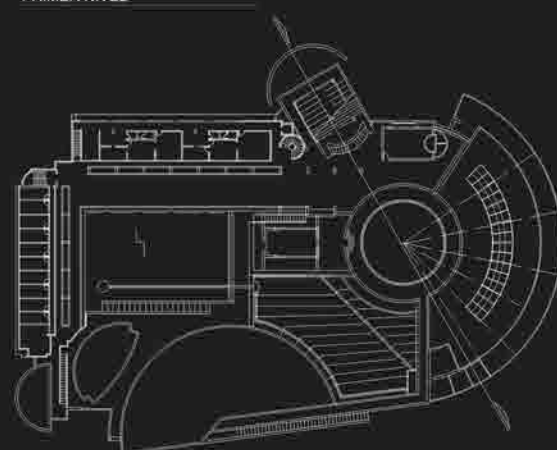
NIVEL SÓTANOS



PRIMER NIVEL



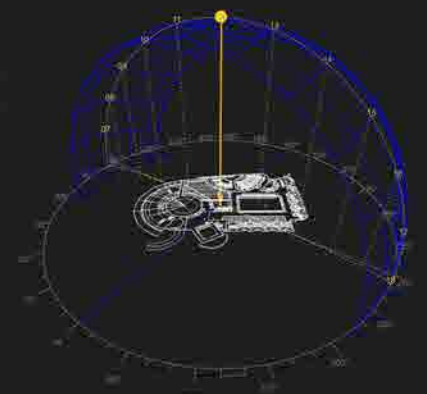
SEGUNDO NIVEL



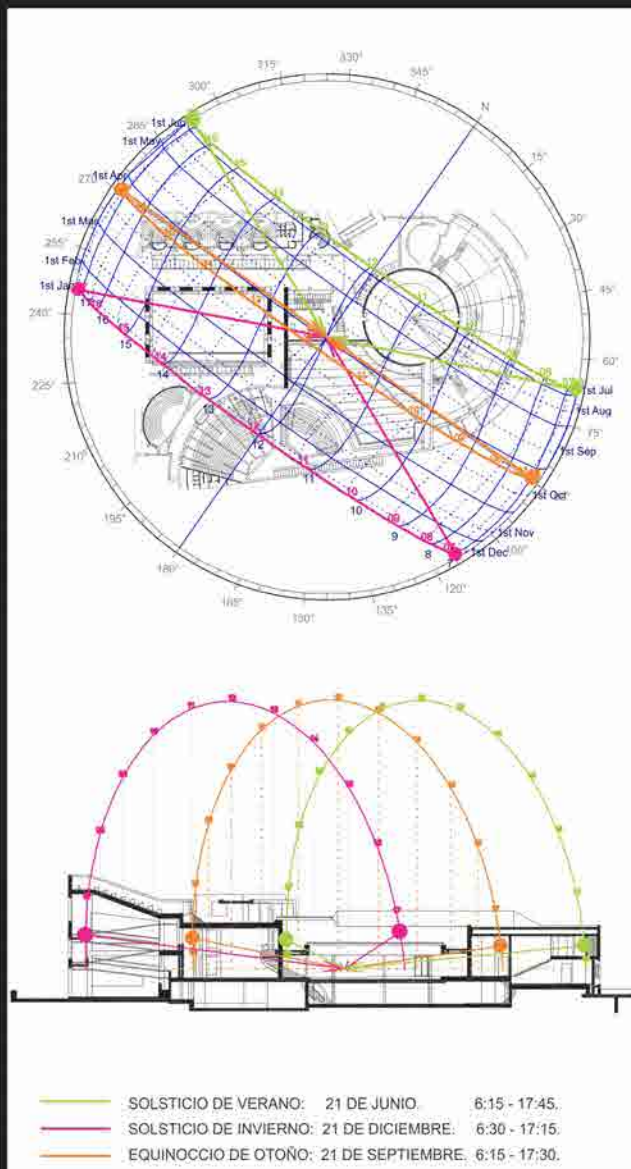
TERCER NIVEL



SECCIÓN TRANSVERSAL



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

Los espacios representativos del edificio están configurados a partir de los tres vacíos que conforman la obra. Son éstos, los que permiten la entrada de la luz al interior en zonas comunes y de circulaciones que los comunican.

La utilización de muros calados y con texturas que dejan entrar la luz del sol, direccionan los recorridos y establecen relaciones con el exterior. También utiliza la penumbra, el juego de luz y sombra y la disposición de ciertos elementos estructurales para consolidar el tratamiento de la iluminación en el edificio.

FUENTES LUMÍNICAS

La disposición concéntrica, la utilización de un sistema interno de plataformas, la geometría de la planta, son características de la Biblioteca.

Dispone de una secuencia de ventanas perimetrales que ayudan a iluminar el primer nivel, relacionando el paisaje exterior con la actividad del espacio. Igualmente posee grandes ventanales rectangulares ubicados más alto, que permiten captar mayor cantidad de luz lateralmente; así mismo, la distribución y proporción de tragaluces cenitales en el espacio central, dan una luz más directa en la zona de estudio y generan un ambiente envuelto por la misma que entra al espacio.

MATERIALES

Es propio de Salmons utilizar el ladrillo para adaptar sus obras a las condiciones del trópico, que igualmente proporcionan características de reflexión y absorción de la luz que entra al edificio y la distribuye.

Con sus pantallas de ladrillo perforado para favorecer la ventilación natural, el ornamento que proporciona la textura de las juntas del ladrillo, y sus importantes llenos y vacíos, se complementa el tema de la iluminación que penetra a través de los mismos.

Los colores claros de las paredes y estructuras del techo, junto con la madera del piso, hacen que la luz que entra a la Biblioteca, se refleje y distribuya de una mejor forma.

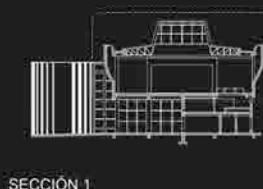
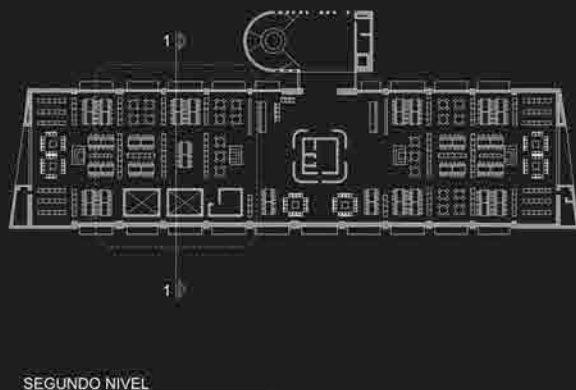
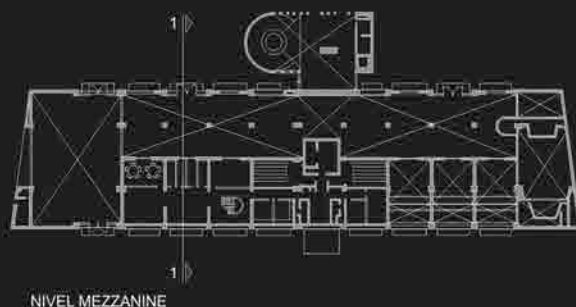
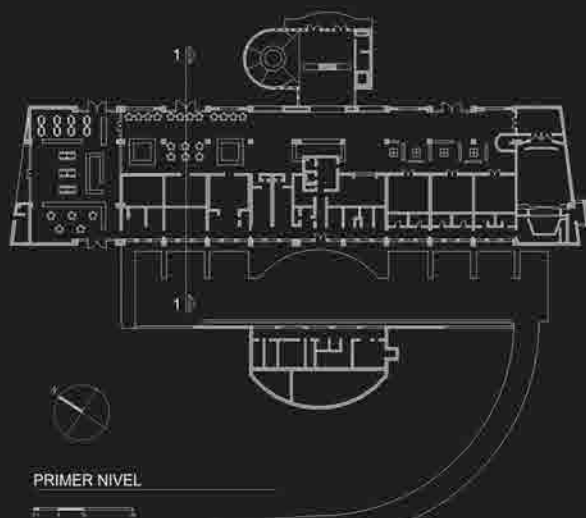
ARQUITECTOS DE LA LUZ



El proyecto de biblioteca recuperó una antigua edificación dedicada a la recolección de basuras en las afueras de Bogotá. Los muros de concreto gris y la estructura fueron conservados al máximo aprovechándose las condiciones espaciales de la antigua estructura para destinarlas a las nuevas funciones. El conjunto se inscribe en un gran volumen rectangular al cual le sobresalen por las fachadas oriental y occidental unos volúmenes denominados bolsillos de luz, los cuales aportan iluminación indirecta a las salas, y unos grandes lucernarios sobre la cubierta orientados al norte, los cuales aportan iluminación natural directa. La biblioteca consta de dos plantas: la planta baja ocupa la estructura antigua y allí

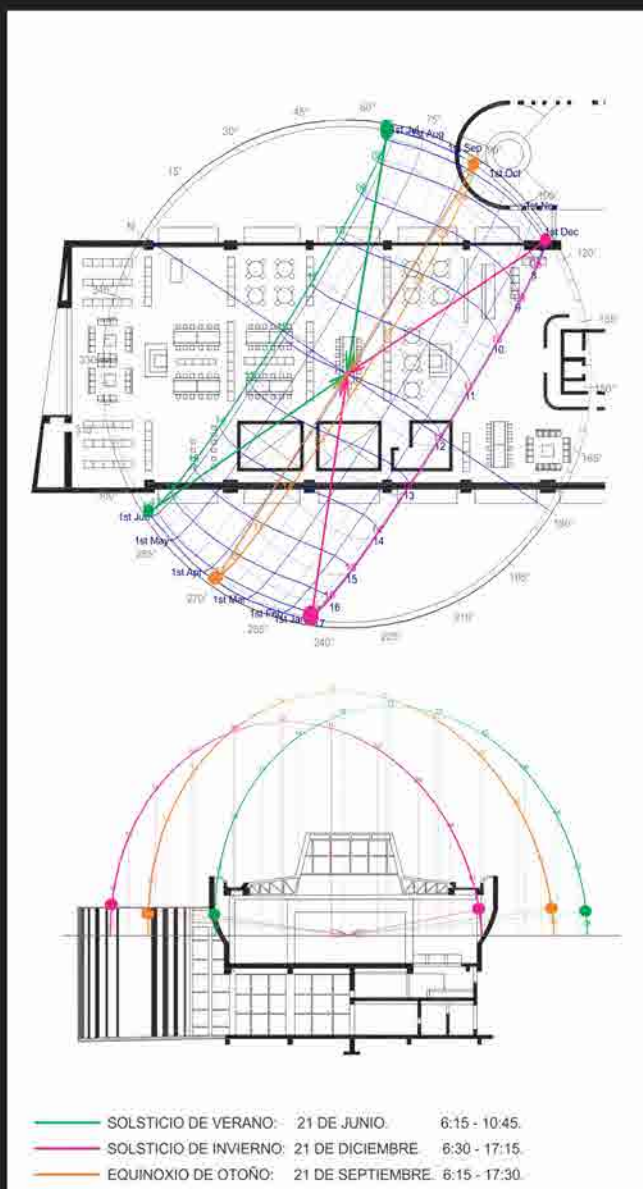
se ubican las áreas complementarias, un auditorio, la sala infantil y el acceso; la segunda planta es un espacio libre inscrito en un rectángulo de 96 x 25 mts y allí se encuentran las salas de lectura, las estanterías, la hemeroteca y otras salas complementarias en mezanines deprimidos con acceso desde esta planta. En el centro del edificio se destaca un volumen que aporta estabilidad estructural a la antigua construcción y que sirve para la comunicación vertical de servicio entre las dos plantas, pero a su vez divide espacialmente la gran superficie de las salas de lectura generales, configurando dos sectores integrados por las circulaciones laterales.

BIBLIOTECA PÚBLICA EL TINTAL, BOGOTÁ 2000 - DANIEL BERMÚDEZ





ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La sala principal de lectura se inscribe en una planta rectangular libre, la cual se subdivide espacialmente por un volumen cilíndrico de concreto, que comunica verticalmente las dos plantas. Los laterales oriental y occidental están configurados por las bocas de los bolsillos de luz, los cuales se perciben como grandes aberturas cuadradas que aportan iluminación lateral. Los laterales norte y sur se abren al paisaje disponiendo dos grandes ventanales que permiten la relación del espacio con el exterior. La cubierta está formada por grandes lucernarios que se abren al exterior y configuran volúmenes vacíos completamente blancos e independientes, que elevan la altura de la sala y le proporcionan gran claridad.

FUENTES LUMÍNICAS

Este espacio es iluminado completamente por luz natural. La iluminación artificial automatizada se activa cuando los niveles lumínicos de la luz natural descienden debido a las malas condiciones climáticas. Existen dos fuentes de luces principales: los bolsillos de luz, los cuales son volúmenes independientes que se abren desde las fachadas oriental y occidental para capturar la iluminación cenital y redirigirla hacia el interior del espacio, a través del rebote de la luz sobre la superficie blanca de las paredes del bolsillo. La otra fuente lumínica son los lucernarios, los cuales son grandes trapecios independientes alojados en la cubierta, los cuales capturan la luz del norte y la redirigen al espacio a través del rebote de la luz sobre la superficie blanca e inclinada del volumen. Con estos dos tipos de dispositivo se logra convertir la luz cenital directa en iluminación indirecta lateral y la luz lateral directa en iluminación cenital indirecta. La orientación norte sur del volumen favorece el control del ingreso de los rayos directos del sol a través de los bolsillos de luz, sin embargo en los lucernarios se debe recurrir a pantallas traslúcidas para evitar que el rayo directo de sol incida en el espacio y genere deslumbramiento sobre las superficies de trabajo.

MATERIALES

Los bolsillos de luz y las paredes laterales están contruidos en concreto blanco abujardado el cual les proporciona gran claridad, pero a su vez le aporta una textura a la superficie que convierte toda la luz incidente en iluminación difusa. Las superficies de los lucernarios están hechas en Drywall pintado de blanco, lo cual le aporta una gran luminosidad y suavidad a la superficie, contrastando con el cielo raso en paneles pintados de ocre que bordean el perímetro del espacio y alojan la iluminación artificial. El piso claro en baldosa de grano se esconde bajo el mobiliario en madera, contrastando fuertemente con la gran luminosidad y blancura generada en las superficies de los lucernarios.

ARQUITECTOS DE LA LUZ



Esta obra confirma el interés del arquitecto de intervenir urbanísticamente los sectores por medio de plazas y pasajes públicos, para regenerarlo y consolidarlo con la implantación del edificio en la zona.

El edificio está conformado por dos paralelepípedos, cuya superposición genera un enorme alero perimetral que amplía y protege los andenes. Su altura total es de 30m distribuidos en cuatro grandes pisos.

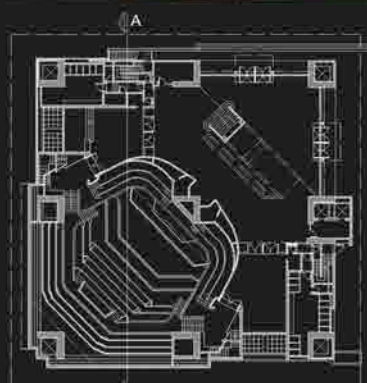
Es un volumen en gran parte cerrado, con grandes ventanales únicamente hacia el nor-oriente, a través de los cuales la presencia del Cerro Monserrate, además de enmarcar la plaza, invade sus espacios interiores. Esta apertura única garantiza la vista de las principales dependencias del edificio hacia el cerro tutelar de Bogotá

y permite la entrada del sol de la mañana que calienta el interior del edificio y se retira a medida que avanza el día.

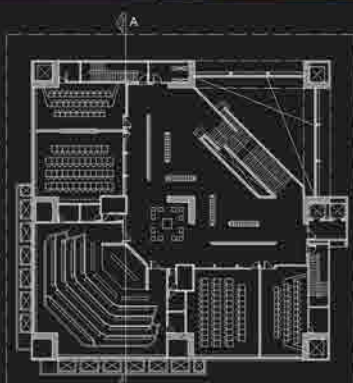
El acceso al edificio, se realiza también a través de estas grandes aberturas. Las fachadas hacia el sur y el oriente, son cerradas para proteger las instalaciones del sol de la tarde y del ruido de la calle.

Con 9.700m² de construcción, el edificio contiene en su primer nivel el vestíbulo general y el auditorio; en el segundo, cinco salones especiales; en el tercero y cuarto, la biblioteca y en el nivel de la cubierta, la zona protocolaria del Rector y del consejo de la Universidad.

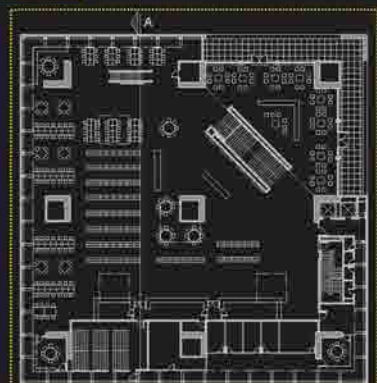
BIBLIOTECA UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO, BOGOTÁ 2003 DANIEL BERMÚDEZ



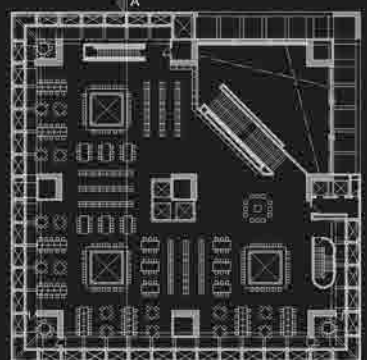
PRIMER NIVEL



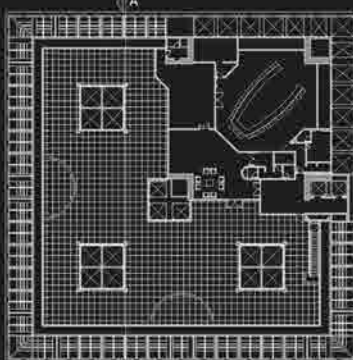
SEGUNDO NIVEL



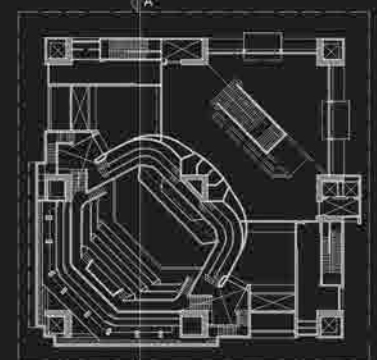
TERCER NIVEL



CUARTO NIVEL



QUINTO NIVEL

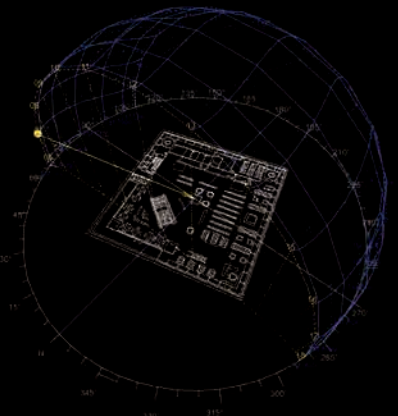


NIVEL MEZZANINE

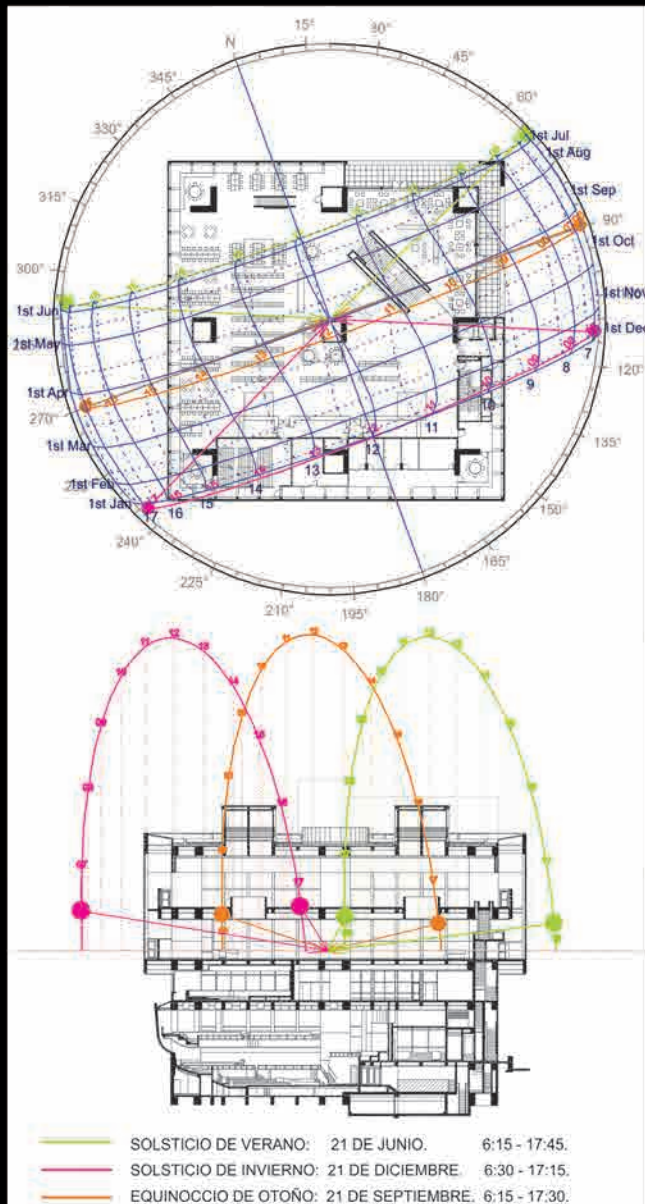


SECCIÓN A-A

0 5 10 15 20 25 30 35 40



ANÁLISIS DE ASOLEAMIENTO ESPACIO CENTRAL



CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La Biblioteca ocupa los pisos 3 y 4, conectado entre sí por una doble altura en la esquina nororiental, donde está la sala de lectura informal con la visual a Monserrate. El resto de las dependencias están en los otros dos pisos, en un esquema de estantería abierta que permite la máxima flexibilidad para la modificación del programa del edificio.

Diversos sistemas de iluminación cenital, que definen las formas de la cubierta del edificio, permiten que los espacios de la biblioteca estén naturalmente iluminados durante el día sin que el sol directo afecte la actividad de lectura. Estos sistemas de iluminación, envuelven los espacios generando un ambiente homogéneo, óptimo para la lectura.

FUENTES LUMÍNICAS

La iluminación del espacio se da principalmente por sistemas ubicados perimetralmente que enmarcan las circulaciones y algunas estanterías.

El uso de claraboyas centrales en medio del espacio, ayudan a que la luz cenital en las áreas de trabajo sea más directa que en la zona de consulta, conservando así el material bibliográfico de los rayos del sol. En estas pequeñas áreas en que la luz incide sobre el espacio, se tienen doble alturas para distribuirla en los dos niveles adecuadamente.

Así mismo grandes claraboyas ubicadas en el borde de la biblioteca, dejan acceder la luz cenital de una forma más lineal que resalta la forma cuadrada del edificio, lo que visualmente ordena y aclara el espacio.

Las fachadas acristaladas dispuestas al noreste del edificio sirven como reflejo del paisaje de los cerros bogotanos, y son fuente, en gran parte, de la entrada de luz proveniente del cielo. Utilizando estas fuentes, los rayos del sol entran de diferentes maneras al interior.

MATERIALES

El material de la estructura y muros interiores y exteriores, concreto claro abujardado, junto con la madera que recubre algunos elementos, ayudan a que la iluminación que penetra por las fuentes, se complemente y genere un ambiente más acorde con la actividad del edificio. Igualmente se van resaltando formas y texturas con el cambio de luz en el día.

Los colores claros de los mismos materiales, aportan cualidades de reflexión y absorción de la luz en el espacio.

Anexo A3. Configuración de escenas de simulación

Este anexo presenta en forma de tablas las diferentes opciones de configuración de una escena de simulación según el programa usado.

Teniendo en cuenta que para cada programa se generan cuatro escenas de simulación con el objetivo de analizar la influencia de cada variable o parámetro sobre el realismo lumínico de la imagen resultante, en estos cuadros se detallan los valores que se adoptan para cada parámetro y la diferencia con la configuración de la escena precedente.

Cada cuadro agrupa las variables o parámetros según la parte del proceso de creación de las escenas que le corresponda, de acuerdo a la propuesta metodológica desarrollada para la creación de las escenas y el programa usado.

Haber construido esta información y tabularla para leerla de manera ordenada, permitió entender la complejidad implícita en la configuración de una escena de simulación, pues en la mayoría de los programas es necesario configurar un número importante de variables antes de generar un render, de lo contrario se corre el riesgo de generar un render completamente diferentes a la imagen visual esperada.

Así mismo, esta información permite analizar comparativamente la estructura secuencial para la creación de las escenas en cada programa y su correspondencia con el método propuesto, identificando cuál programa es menos complejo y adaptable al flujo de trabajo durante el proceso de diseño.

Anexo 3: Configuración de las escenas en 3D Studio Max.

GEOMETRIA				
Cuenta con herramientas para construir la geometría de los objetos Los objetos deben ser Mesh Unidades en centímetros Orientar los objetos con respecto al norte geográfico Agrupar los objetos de acuerdo al material de acabado				
	RENDER 1 Op. Pred	RENDER 2 Op. Mod	RENDER 3 Op. Mod	RENDER 4 Op. Mod
ILUMINACION				
System Daylight				
Posición	Preestablecida	Fecha	Día, Mes, Año	21/06/2007
		Tiempo	Hor, Min, Seg	15:00:00
		Localización	Latitud	6.2
			Longitud	75
			Zona Horaria	-5
		Lugar	Dirección del Norte	0
	Manual	Dirección	Se define en pantalla	Definido
Sunlight				
Standard	Intensidad	Variable		
	Color	Variable		
	Atenuación	Variable		
	Dirección	Variable		
IES Sun	Intensidad	Fija (Luxes)		
	Color	Fijo		
			91099	150000
			255/242/230	255/255/255
Skylight				
Standard	Intensidad			
	Color			
	Sombras arrojadas	Rayos x muestra		
		Bias		
IES Sky	Intensidad		1	5
	Color		242/242/255	242/242/255
	Tipo de nubosidad		Claro	Claro
	Sombras arrojadas	Rayos x muestra	20	20
		Bias	0.005	0.005
Tipo de sombras				
Ray Trace	Bias		0.02	0.02
Shadow Map	Bias			
	Tamaño			
	Muestreo (Sample Range)			
Manual Combinada: Target Direct y Skylight				
Target Direct				
Posición	Gráficamente en pantalla			
Dirección	Gráficamente en pantalla			
Tipo de Sombreado	Ray Trace	Bias		
	Shadow Map	Bias		
		Tamaño		
		Muestreo		
	Intensidad	Variable		
	Color	Variable		
	Atenuación	Variable		
	Parámetros direccional	Variable		
Skylight				
	Intensidad			
	Color			
	Sombras arrojadas	Rayos por muestra		
		Bias		
MATERIALES Y TEXTURAS				
Arquitectónicos				
Cualidades físicas				
	Color difuso		209/209/209	209/209/209
	Mapa difuso		Imagen JPG	Imagen JPG
	Brillantes		0	0
	Transparencia		0	0
	Traslucidez		0	0
	Índice de refracción		-1	1
	Luminancia		0	0
Efectos especiales				
	Bump		10 % Img	10 % Img
Iluminación avanzada				
	Color Bleed		100	100
	Reflectancia		100	100
	Bump indirecto		100	100
	Transmitancia		100	100
Personalizados				
Parámetros de Sombreado				
	Anisotrópico			
	Blinn			
	Metal			
	Phong			
Parámetros según el Sombreado				
	Ambiente	Color		
	Difuso	Color y Mapa		
	Especular	Color y Mapa		
	Opacidad	Porcentaje		
	Brillo especular			
Texturas de apariencia				
	Ambiente			
	Difuso			
	Especular			
	Brillo			
	Opacidad			
	Bump			
	Reflexión			
	refracción			

Anexo 3: Configuración de las escenas en 3D Studio Max.

AMBIENTE				
Parámetros comunes				
Fondo de pantalla				
Color o Mapa	Img HDR	Img HDR	Img HDR	Img HDR
Illuminación Global	255/255/255	255/255/255	255/255/255	255/255/255
Tinte	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Ambiente				
Control de Exposición				
Exposición automática				
Exposición lineal				
Exposición Logarítmica	Activada	Activada	Activada	Activada
Exposición por gama de color				
Control de exposición				
Control Logarítmico				
Brillo	65	65	65	65
Contraste	50	50	50	50
Tono medio	1	1	1	1
Escala física	1500	1500	1500	1500
Luz de Día exterior	Activada	Activada	Activada	Activada
ESCENA				
Cámara				
Posición	Gráficamente en pantalla	x/y/z	x/y/z	x/y/z
Objetivo	Gráficamente en pantalla	x/y/z	x/y/z	x/y/z
Lente	Predefinido de acuerdo a Longitudes focales	18	18	18
Manual				
CONFIGURACIÓN DEL COMPUTO DE LA RADIOSIDAD				
Radiosidad				
Calidad	0.85	0.85	0.85	0.85
Refinamiento de las interacciones entre los objetos	3	3	3	3
Maya radiosidad				
Configuración de las subdivisiones globales				
Activar	Activada	Activada	Activada	Activada
Usar subdivisión adaptativa	Activada	Activada	Activada	Activada
Configuración de la maya				
Máximo tamaño de la maya	20 cm.	20 cm.	20 cm.	20 cm.
Mínimo tamaño de la maya	2 cm.	2 cm.	2 cm.	2 cm.
Contraste de Umbral	75	75	75	75
Tamaño inicial de la maya	20 cm.	20 cm.	20 cm.	20 cm.
Configuración de la Luz				
Renderizado				
Renderizar la Iluminación directa	Activar	Activar	Activar	Activar
Retomar la Iluminación indirecta	Activar	Activar	Activar	Activar
Rayos por muestra	128	128	128	128
Radio de filtro (pixel)	10	10	10	10
Muestreo Adaptativo				
Espacio de muestra inicial				
Contraste de subdivisión				
Subdividir hasta				
RENDER				
Tamaño				
Ancho	1280	1280	1280	1280
Alto	960	960	960	960
Aspecto de la imagen	1,33	1,33	1,33	1,33
Relación de aspecto del pixel	1	1	1	1
Salida				
Tipo de Archivo	JPG	JPG	JPG	JPG

Anexo 3: Configuración de las escenas en Accurender.

GEOMETRIA				RENDER 1	RENDER 2	RENDER 3	RENDER 4
Funciona como Plug-in de Autocad, por lo cual la geometría se construye en Autocad y Accurender renderiza Los objetos pueden ser de cualquier tipo soportado por Autocad Unidades en centímetros Orientar los objetos con respecto al norte geográfico Agrupar los objetos de acuerdo al material de acabado				Opc. Pred.	Opc. Mod.	Opc. Mod.	Opc. Mod.
ILUMINACIÓN							
SUN							
Según tiempo y posición geográfica				21/08	21/08	21/08	21/08
Fecha y Hora				03:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.
Tiempo Solar				-55.68	-55.68	-55.68	-55.68
Azimuth				56.7	56.7	56.7	56.7
Altitud				6.2	6.2	6.2	6.2
Lugar				-75	-75	-75	-75
Latitud				-5	-5	-5	-5
Longitud							
Zona Horaria							
Configuración				0.0	0.0	0.0	0.0
Nubosidad				1.0	1.0	1.0	1.0
Intensidad				1.0	1.0	1.0	1.0
Norte				0.0	0.0	0.0	0.0
Color							
Fotométrico (Grados K)							
Luz directa				5000	5000	5000	5000
Medio día				2000	2000	2000	2000
Atardecer				10000	10000	10000	10000
Cielo				3500	3500	3500	3500
Cielo Claro				6000	6000	6000	6000
Cielo Nuboso							
Directo (RGB)							
Luz directa							
Luz del cielo							
Directamente							
Angulo solar						-55.68	-55.68
Azimuth						56.7	56.7
Altitud						0.0	0.0
Configuración						4.0	4.0
Nubosidad						4.0	4.0
Intensidad						0.0	0.0
Norte							
Color							
Fotométrico (Grados K)							
Luz directa						5000	5000
Medio día						2000	2000
Atardecer						10000	10000
Cielo						3500	3500
Cielo Claro						6000	6000
Cielo Nuboso							
Directo (RGB)							
Luz directa							
Luz del cielo							
Fuente de iluminación luz de día							
Nombre				Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
Obstrucción				0.0	0.0	0.0	0.0
Localización				Gráficamente	Gráficamente	Gráficamente	Gráficamente
Ancho				80 cm	80 cm	80 cm	80 cm
Alto				300 cm	300 cm	300 cm	300 cm
Fuente de iluminación luz de día							
Nombre				Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Obstrucción				0.0	0.0	0.0	0.0
Localización				Gráficamente	Gráficamente	Gráficamente	Gráficamente
Ancho				50 cm	50 cm	50 cm	50 cm
Alto				100 cm	100 cm	100 cm	100 cm
Ambiente				0.80	0.80	2.0	2.0
Trazado de rayos				0.90	0.90	2.0	2.0
Radiosidad							
MATERIALES Y TEXTURAS							
Galería de Materiales							
Base				255/255/255	255/255/255	255/255/255	255/255/255
Color				0	0	0	0
Reflectividad				Desactivado	Desactivado	Desactivado	Desactivado
Mate = 0 - Espejo = 1				Desactivado	Desactivado	Desactivado	Desactivado
Color				0	0	0	0
Metálico				1	1	1	1
Sin reflexión				0	0	0	0
Transparencia				0	0	0	0
Opaco = 0 - Espejo = 1				0	0	0	0
Índice de refracción				0	0	0	0
Atenuación				0	0	0	0
Acabado de la transparencia: Claro = 0 - Frio = 1				0	0	0	0
Mapas							
Imagen de mapeado							
Principal				0	250	250	250
Tamaño de tramado				0	250	250	250
Fuerza				1	1	1	1
Color				0	0.2	0.2	0.2
Bump							
Mapa				Img JPG	Img JPG	Img JPG	Img JPG
Mascara							
Ninguna							
Color				Horizontal XY	Horizontal XY	Horizontal XY	Horizontal XY
Alfa				0.0	0.0	0.0	0.0
Orientación				0.0	0.0	0.0	0.0
Plano de Referencia				0.0	0.0	0.0	0.0
Rotación				Activado	Activado	Activado	Activado
Equidistancia							
Avanzado							
Componentes alterados por el mapa							
Color base				Selección	Selección	Selección	Selección
Color de Transp.							
Color de espejo							
Ruido				Selección	Selección	Selección	Selección
Ninguno							
Bajo							
Medio							
Alto							
Procesamiento del Bump (relieve)							
Papel de lija				Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Escamas				Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Pirámide				Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Resplandor				Desactivado	Desactivado	Desactivado	Desactivado
Activar resplandor							
Agudeza							
Intensidad							
Color							
Materiales personalizados							
Los materiales de las galerías sirven como base para crear nuevos							

Anexo 3: Configuración de las escenas en Accurender.

PROPIEDADES DE LOS OBJETOS				
Principal				
Asignación de materiales		Selección	Selección	Selección
Por caps				
Por objeto				
Por bloque				
Propiedades básicas				
Tipo		Selección	Selección	Selección
Normal				
Sólido				
Delgado				
Moldeado y cortado				
Cubrimiento de ventana				
Propiedades avanzadas				
No arroja sombras				
Sim sombreado por luces				
Normales invertidas				
Solo trazado de rayos				
No emisor				
No receptor				
No receptor de luces				
Mayado				
Sombreado liso		Selección	Selección	Selección
Por defecto				
Ninguno				
Personalizado				
Suavizado de círculo o arco		Selección	Selección	Selección
Por defecto				
Personalizado				
Resolución de la maya de radiosidad				
Bajo				
Medio				
Alto				
Muy alto		Selección	Selección	Selección
Tipo de mapeado		Selección	Selección	Selección
Por defecto				
Standard				
Cilíndrico				
Esférico				
Plano				
Autoiluminación				
Tipo				
Magnitud				
AMBIENTE				
Principal				
Color de fondo		Activado	Activado	Activado
Cielo automático				
Color sólido				
2 colores degradados				
3 colores degradados				
Avanzado				
Imagen de fondo		M. Esférico	M. Esférico	M. Esférico
Archivo		100	100	100
Opacidad				
Proyección		Esférica	Esférica	Esférica
Baldosa		Desactivado	Desactivado	Desactivado
posición		Definido	Definido	Definido
Nubes		Desactivado	Desactivado	Desactivado
Niebla		Desactivado	Desactivado	Desactivado
Plano base		Desactivado	Desactivado	Desactivado
Canal Alfa		Desactivado	Desactivado	Desactivado
ESCENA				
Principal				
Posición		Definido	Definido	Definido
Objetivo		Definido	Definido	Definido
Lente		18 mm	18 mm	18 mm
Definir				
Movimiento				
Orbita		Definido	Definido	Definido
Recorrido		Definido	Definido	Definido
Definir				
Avanzado				
Planos de corte				
Color de fondo				
CONFIGURACIÓN DE LA RADIOSIDAD				
Configuración		100 pasos	100 pasos	250 pasos
Meta de la solución		0.6	0.6	1.0
Transmisión de color				
Ajustes de exposición				
Brillo		Por defecto	Por defecto	Por defecto
Contraste		Por defecto	Por defecto	Por defecto
Iluminación indirecta		Por defecto	Por defecto	Por defecto
Residual		Por defecto	Por defecto	Por defecto
Reiniciar				
Escena interior		Selección	Selección	Selección
Escena Exterior				
RAYTRACE				
Tipo				
Imagen Simple		Selección	Selección	Selección
Panorámica				
Animación				
Configuración				
Principal				
Destino		Desactivado	Desactivado	Desactivado
Ventana de recorrido				
Tipo de proyección		Selección	Selección	Selección
Perspectiva				
Perspectiva de dos puntos				
Panorama cilíndrico				
Panorama esférico				
Resolución		1280	1280	1280
X		960	960	960
Y				
Calidad				
Antialiasing				
Bajo				
Media				
Alto				
Muy alto				
El mas alto		Selección	Selección	Selección
Ruido		0.1	0.1	0.1
Rebotes		3	3	3
reflexión				
Transparencia				
Efectos especiales				
Sombras suaves				
Profundidad de campo F-Stop				
Distancia focal				
Sin reflexiones borrosas				
Sin transparencia borrosa				
Uso de la radiosidad		Selección	Selección	Selección
Recalcular las luces				

Anexo 3: Configuración de las escenas en Lightscape.

GEOMETRIA			RENDER 1	RENDER 2	RENDER 3	RENDER 3
Los objetos deben ser importados de otros software modeladores Los volúmenes de los objetos son convertidos en superficies Orientar los objetos con respecto al norte geográfico Al importar los objetos se reconocen las capas y por lo tanto los objetos quedan agrupados por capas Es indispensable verificar la orientación de las normales de las superficies Se recomienda suprimir las superficies que no se visualizan o no aportan iluminación a la escena Las aberturas por donde ingresa la luz al espacio deben estar definidas por una superficie plana de un solo lado para poder ser procesadas.			Opc. Pred.	Opc. Mod.	Opc. Mod.	Opc. Mod.
ILUMINACIÓN						
Daylight						
Sol y Cielo						
Sol	RGB	1.0/0.95/0.95	1.0/0.95/0.95	1.0/0.95/0.95	1.0/0.95/0.95	
Cielo	RGB	0.95/0.95/1.0	0.95/0.95/1.0	0.95/0.95/1.0	0.95/0.95/1.0	
Condiciones del cielo	Claro - Oscuro	Claro	Claro	Claro	Claro	
Procesamiento						
Luz del sol		Activado	Activado	Activado	Activado	
Sombras arrojadas		Activado	Activado	Activado	Activado	
Guardar la eliminación directa		Activado	Activado	Activado	Activado	
Trazado de rayos de la iluminación directa		Activado	Activado	Activado	Activado	
Luz del cielo		Activado	Activado	Activado	Activado	
Sombras arrojadas		Activado	Activado	Activado	Activado	
Guardar la eliminación directa		Activado	Activado	Activado	Activado	
Trazado de rayos de la iluminación directa		Desactivado	Desactivado	Desactivado	Desactivado	
Lugar						
Norte		0.0	0.0	0.0	0.0	
Localización						
Latitud		6.2	6.2	6.2	6.2	
Longitud		75.0	75.0	75.0	75.0	
Tiempo						
Zona horaria		-5	-5	-5	-5	
Fecha		21-jun	21-jun	21-jun	21-jun	
Hora		18:00:00	18:00:00	18:00:00	18:00:00	
Control directo						
Sol y Cielo						
Sol	RGB				1.0/0.95/0.95	
Cielo	RGB				0.95/0.95/1.0	
Condiciones del cielo	Claro - Oscuro				Claro	
Procesamiento						
Luz del sol					Activado	
Sombras arrojadas					Activado	
Guardar la eliminación directa					Activado	
Trazado de rayos de la iluminación directa					Activado	
Luz del cielo					Activado	
Sombras arrojadas					Activado	
Guardar la eliminación directa					Activado	
Trazado de rayos de la iluminación directa					Desactivado	
Control directo						
Rotación					162°	
Altitud					44°	
Iluminancia solar					132000	
Procesamiento superficies						
Es necesario definir las superficies a través de las cuales ingresa la iluminación al espacio.						
Procesamiento						
Ocluir		Activado	Activado	Activado	Activado	
Recibir		Activado	Activado	Activado	Activado	
Reflejar		Activado	Activado	Activado	Activado	
Tipo						
Abertura						
Ventana						
Resolución de						
Tosco = 0 - fino = 10		1	1	1	1	
MATERIALES Y TEXTURAS						
Galería de materiales						
Propiedades físicas						
Plantilla		Ideal difuso	Ideal difuso	Ideal difuso	Ideal difuso	
Transparencia		0.0	0.0	0.0	0.0	
Brillantes		0.0	0.0	0.0	0.0	
Índice de refracción		1.0	1.0	1.0	1.0	
Escala de reflectancia		1.0	1.0	1.0	1.0	
Escala de Transmisión de color		1.0	1.0	1.0	1.0	
Luminancia		0.0	0.0	0.0	0.0	
Color						
Promedio de la textura		0.35/0.34/0.34	0.35/0.34/0.34	1.0/1.0/1.0	1.0/1.0/1.0	
Textura						
Archivo		Por defecto	Archivo JPG	Archivo JPG	Archivo JPG	
Brillantes		0.4	0.6	0.66	0.73	
Tamaño	Ancho	60.96 Fijo	60.96 Fijo	250 Fijo	250 Fijo	
	Alto	60.97 Fijo	60.97 Fijo	250 Fijo	250 Fijo	
Método de filtrado	Mínimo	Punto	Punto	Punto	Punto	
	Máximo	Punto	Punto	Punto	Punto	
Procesamiento de las texturas						
Mapeado de relieve (Bump)		Desactivado	Activado	Activado	Activado	
Ancho		2.5	0.5	0.5	0.5	
Alto		0.6	0.20	0.75	0.75	
Básico		1.0	1.0	1.0	1.0	
Intensidad del mapeado		Desactivado	Activado	Activado	Activado	
Ancho		100.0	100.0	100.0	100.0	
Contraste		0.2	0.2	0.2	0.2	
Complejidad		1.0	1.0	1.0	1.0	
Personalizados						
Se pueden personalizar a partir de la galería de materiales						

Anexo 3: Configuración de las escenas en Lightscape.

ESCENA					
Vista					
Observador	Coordenadas	x/y/z	x/y/z	x/y/z	x/y/z
Objetivo	Coordenadas	x/y/z	x/y/z	x/y/z	x/y/z
Longitud Focal	Definir	18	18	18	18
VERIFICACIÓN DE LA ORIENTACIÓN DE LAS NORMALES DE LAS SUPERFICIES					
Plano de corte cercano	Definir	Definido	Definido	Definido	Definido
Punto focal	x/y/z	Definido	Definido	Definido	Definido
	Invertir				
	Auto orientar				
	Un lado				
	Dos lados				
	Desde				
	Hacia				
PROCESAMIENTO DEL COMPUTO DE LA RADIOSIDAD					
Predefinido (Wizard)					
Calidad	La mas baja - menos tiempo	1			
		2			
		3			
		4			
	La mas alta - mayor tiempo	5			
Luz de día	Espacio interior solo con aberturas o ventanas		Selección	Selección	Selección
	Espacio exterior				
	Espacio exterior e interior				
Personalizado					
Receptor	Espaciado de la maya	Mínimo	6.87	6.87	6.87
		Máximo	55	55	55
	Umbral de contraste de Fino = 0- Tosco = 1		0.50	0.50	0.10
Procesamiento	Sombras		Activado	Activado	Activado
	Luz de día (Luz de Sol y luz de cielo)		Activado	Activado	Activado
	Precisión de la luz del cielo		0.60	0.60	1.00
	Luz de día solo a través de aberturas y ventanas		Activado	Activado	Activado
Fuente de lumi	Fuente directa		6.87	6.87	6.87
	Precisión de subdivisión		0.75	0.75	0.75
	Fuente indirecta		13.75	13.75	13.75
	Precisión de subdivisión		0.65	0.65	0.65
	Tamaño de la rejilla de sombra		Tres	Tres	Nueva
Tolerancias	Longitud		0.05	0.05	0.05
	Equidistancia de los rayos		0.1	0.1	0.1
	Mínima área de inicialización		100.0	100.0	100.0
RENDER					
Archivo de salida					
Nombre		Render 1	Render 2	Render 3	Render 4
Formato		JPG	JPG	JPG	JPG
Resolución					
Ancho		1280	1280	1280	1280
Alto		960	960	960	960
Muestras de Antialiasing		10	10	10	10
Trazado de rayos					
	Trazado de rayos	Activado	Activado	Activado	Activado
	Trazado de rayos de la iluminación directa	Activado	Activado	Activado	Activado
	Sombras suaves del sol	Activado	Activado	Activado	Activado
	Compatible con OpenGL	Activado	Activado	Activado	Activado
	Rebote de rayos	10	10	10	10
Generación del cuadro		Vista actual	Vista actual	Vista actual	Vista actual

Anexo 3: Configuración de las escenas en Maxwellrender.

GEOMETRIA		RENDER 1	RENDER 2	RENDER 3	RENDER 4
Los objetos deben ser importados de otro software modeladores Soporta diferentes tipo de objetos y superficies. Unidades en centímetros Orientar los objetos con respecto al norte geográfico Agrupar los objetos de acuerdo al material de acabado		Opc. Pred.	Opc. Mod.	Opc. Mod.	Opc. Mod.
ILUMINACIÓN - OPCIONES DE CIELO					
Tipo de cielo		Selección	Img. HDR	Img. HDR	Img. HDR
Domo de cielo					
Cielo físico					
Mapa HDR					
Canal de Fondo					
Deshabilitar canal					
Intensidad		10	10	10	
Escala					
Equidistancia					
Mapa de pantalla					
Canal de Reflexión			Img. HDR	Img. HDR	Img. HDR
Deshabilitar canal					
Intensidad		10	10	10	
Escala					
Equidistancia					
Canal de Refracción			Img. HDR	Img. HDR	Img. HDR
Deshabilitar canal					
Intensidad		10	10	10	
Escala					
Equidistancia					
Canal de Iluminación			Img. HDR	Img. HDR	Img. HDR
Deshabilitar canal					
Intensidad		50	50	50	
Escala					
Equidistancia					
Cielo usado en canales desactivados					
Domo de cielo		Selección	Selección	Selección	
Cielo físico					
Ninguno					
Habilitar luz solar		Activado	Activado	Activado	Activado
Latitud		6.2	6.2	6.2	6.2
Longitud		-75	-75	-75	-75
Día		172 (21/06)	172 (21/06)	172 (21/06)	172 (21/06)
Hora		16:00:00	16:00:00	16:00:00	16:00:00
Zona Horaria		-5	-5	-5	-5
Turbulencia		3	3	3	3
Ozono		0.35	0.35	0.35	0.35
Rocio		2	2	2	2
MATERIALES Y TEXTURAS					
Galería de materiales					
Capas del material					
Difuso		Selección	Selección	Selección	Selección
Peso del Mapa		100	100	100	100
BSDF		Selección	Selección	Selección	Selección
Propiedades del Material					
Reflectancia a 0°		106/106/106	106/106/106	106/106/106	255/255/255
Mapa		Img. JPG	Img. JPG	Img. JPG	Img. JPG
Reflectancia a 90°		255/255/255	255/255/255	255/255/255	255/255/255
Mapa		Sin mapa	Sin mapa	Sin mapa	Sin mapa
Transmisividad		0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Distancia de atenuación		1.0 nm	1.0 nm	1.0 nm	1.0 nm
IOR		1.0 Nd	1.0 Nd	1.0 Nd	1.0 Nd
Configurar					
Cargar de archivo					
Cargar dato completo de IOR					
Propiedades de las superficies					
Rugosidad (0-99)		Activado	Activado	Activado	Activado
Lambertiana		Sin mapa	Sin mapa	Sin mapa	Sin mapa
Mapa		Desactivado	Desactivado	Desactivado	Desactivado
Anisotropía (0-100)		Desactivado	Desactivado	Desactivado	Desactivado
Angulo (0-360)		30.00	30.00	30.00	30.00
Relieve (-100 - 100)		Img. JPG	Img. JPG	Img. JPG	Img. JPG
Mapa					
Otras Capas					
Personalizados					
Básicos					
Tipo de material					
Difuso					
Emisor					
Dieléctrico					
Metal					
Plástico					
Parámetros básicos					
Color					
Rugosidad					
Texturas					
Color					
Relieve					
Rugosidad					
Predefinidos					
AGS					
Pintura de carro					
Agua					
Vidrio común					
Vidrio de alto rango					
Ladrillo					
Madera					
Madera para piso					
Concreto					
Mapa de opacidad					
Plástico					

Anexo 3: Configuración de las escenas en Maxwellrender.

CAMARA				
Parámetros comunes				
Posición		X/Z/Y	X/Z/Y	X/Z/Y
Objetivo		X/Z/Y	X/Z/Y	X/Z/Y
Distancia focal		604,605	604,605	604,605
Rotación vertical		0,0	0,0	0,0
Velocidad de obturación		30,00	30,00	30,00
Fstop (Aber. diafragma)		5,6	5,6	5,6
Longitud focal		18,0	18,0	18,0
Altura de la película		24	24	24
Ancho de la película		36	36	36
Iso		100	100	100
Resolución X, Y		640 x 480	640 x 480	640 x 480
Aspecto de la imagen		Activado	Activado	Activado
Aspecto del pixel		1	1	1
Tipo de diafragma		Circular	Circular	Circular
OPCIONES DE RENDER				
Computo de iluminación y render				
Tiempo		60 min	60 min	60 min
Render enlazados		1	1	1
Nivel de muestreo		10	10	10
Quemadura		0,8	0,8	0,8
Gamma		2,2	2,2	2,2
Autoexposición		Desactivado	Desactivado	Desactivado
Ruta de archivos		Por defecto	Por defecto	Por defecto
Otros		Por defecto	Por defecto	Por defecto

Anexo 3: Configuración de las escenas en Radiance.

GEOMETRÍA					RENDER 1	RENDER 2	RENDER 3	RENDER 4
No modela geometrías, por lo cual es necesario importarla o generarla en el 3D Studio Max. Procesa todo tipo de superficies. Unidades en centímetros. Orientar los objetos con respecto al Norte geográfico. Agrupar los objetos de acuerdo al material de acabado.					Opc. Pred.	Opc. Mod.	Opc. Mod.	Opc. Mod.
ILUMINACIÓN								
Vray Sun								
Parámetros Vray Sun								
	Turbulencia				3.0	3.0		3.0
	Ozono				0.35	0.9		0.9
	Intensidad				0.05	0.05		0.03
	Tamaño				1.0	1.0		1.0
	Sub. de sombras				8.0	8.0		8.0
	Bias de sombreado				0.02	0.02		0.02
	Radio emisión de Fot.				378.0	378.0		378.0
Combinación Vray Light y Target direct								
Vray Light								
	Posición	Gráficamente en pantalla					xy/z	
	Dirección	Gráficamente en pantalla					xy/z	
	Parámetros Básicos	Tipo de luz	Plana				Selección	
			Domo					
			Esfera					
		Intensidad	Unidades	Por defecto (Imagen)			Selección	
				Poder Luminoso (lm)				
				Luminancia (lm/m2/sr)				
				Poder Radiante (W)				
				Radiancia (W/m2/sr)				
			Color				255/255/255	
			Multiplicador				20	
		Tamaño	Longitud				1200 cm	
			Ancho				1000 cm	
			Alto					
		Opciones	Invisible				Selección	
			Ignorar normales de las luces				Selección	
			No decaer					
			Almacenar con mapa de irradiancia				Selección	
			Afectar reflexión difusa				Selección	
			Afectar reflexión especular					
		Muestreo	Subdivisiones				8	
			Bias de la sombra				0.02	
Target direct								
	Posición	Gráficamente en pantalla					xy/z	
	Dirección	Gráficamente en pantalla					xy/z	
	Tipo de Sombreado	VrayShadow	Sombra Transparente				Activado	
			Bias				0.02	
			Tamaño				1000 cm	
			Subdivisiones				8	
	Intensidad	Variable					255/255/255	
	Color	Variable					Desactivado	
	Atenuación	Variable					RF 566/800	
	Parámetros Direct.	Variable						
MATERIALES Y TEXTURAS								
Personalizados								
Parámetros básicos								
	Difusión	Color			255/255/255	255/255/255	255/255/255	255/255/255
		Mapa			Img JPG	Img JPG	Img JPG	Img JPG
	reflexión	Color	Blanco - máxima / Negro - mínima		0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
		Mapa			Falloff / Fresnel	Falloff / Fresnel	Falloff / Fresnel	Falloff / Fresnel
		Brillantes			0.95	0.20	0.20	0.20
		Subdivisión			8	8	8	8
		Fresnel			Activada	Activada	Activada	Desactivada
		Fresnel IOR	Dato de laboratorio		Fija	Fija	Fija	Fija
	Refracción	Color	Blanco - máxima / Negro - mínima		0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
		Mapa			Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
		Brillantes			0.95	0.95	0.95	0.2
		IOR	Dato de laboratorio		1.25	1.25	1.25	1.25
	Translucidez	Tipo			Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
		Color			255/255/255	255/255/255	255/255/255	255/255/255
		Espesor			Desactivado	Desactivado	Desactivado	Desactivado
BRDF								
	Tipo	Phong						
		Blinn			Selección	Selección	Selección	
		Ward						Selección
Mapas								
	Difuso				100 % Img JPG	100 % Img JPG	100 % Img JPG	100 % Img JPG
	reflexión				100 % Falloff	100 % Falloff	100 % Falloff	100 % Falloff
	Brillantes -brillante							
	Brillantes -rugoso							
	Fresnel IOR							
	Refracción							
	Brillante							
	IOR							
	Translucidez							
	Bump				30 % JPG	30 % JPG	30 % JPG	30 % JPG
	Desplazamiento							
	Opacidad							
Librería de materiales								
Disponibilidad de galerías de materiales predefinidos								

Anexo 3: Configuración de las escenas en Radiance.

ESCENA				
Cámara	Posición	Gráficamente en pantalla	x/y/z	x/y/z
	Objetivo	Gráficamente en pantalla	x/y/z	x/y/z
	Lente	Predefinido de acuerdo a Longitudes focales		
	Manual		18 mm	18 mm
CONFIGURACIÓN DEL COMPUTO DE ILUMINACIÓN Y RENDER				
Configuración Global				
Parámetros básicos	Desactivar Luces por defecto		Por defecto	Por defecto
			Selección	Selección
Muestreo de la Imagen (Antialiasing)				
Muestreo de la imagen	Fijo			
	Adaptativo QMC			
	Subdivisión adaptativa		Selección	Selección
			Selección	Selección
Filtro Antialiasing				
Área	Tamaño		Selección	Selección
			1.5	1.5
Subdivisión adaptativa del muestreo de la imagen				
Muestreo (Rata)	Mínimo	(Cero significa 1 muestra por píxel)	-1	-1
	Máximo		-2	-2
	Contraste de umbral		0.1	0.1
	Mezclado de muestras		Activar	Activar
Iluminación Indirecta (Iluminación Global - GI)				
Rebotes primarios	Intensidad		1	1.5
	Tipo	Mapa de irradiancia	Selección	Selección
Rebotes secundarios	Mapa de Fotones			
	Quasi-Monte Carlo			
	Light cache			
	Intensidad		1	1
Mapa de Irradiancia	Tipo	Mapa de Fotones	Selección	Selección
	Quasi-Monte Carlo			
	Light cache			
Configuración del procesamiento				
Personalizado	Min rate			
	Max rate			
	HSph. Subdivis		100	100
	Interp. Samples		40	40
	Cir. Thresh			
	Nmr. Thresh			
	Dist. Thresh			
	presentar los pasos el calculo			
	presentar la luz directa			
	Predefinido	Muy bajo		
		bajo		
		Medio		
		Medio - animación		
		Alto	Selección	Selección
Modo	Alto - animación			
	Muy alto			
	Cuadro simple		Selección	Selección
	Multicuadro incremental			
Quasi - Monte Carlo GI				
Subdivisiones			8	8
			3	3
Rebotes secundarios				
Cáusticas	Multiplicador		Desactivado	Desactivado
	Distancia de búsqueda			
	Fotones máximos			
	Densidad máxima			
Modo				
Ambiente	Sobrescribir el Skylight de la GI		Activar	Activar
	Intensidad		1	1
	Asignación mapa HDR		HDR, Mult 30	HDR, Mult 30
RENDER				
Tamaño	Ancho		640	640
	Alto		480	480
	Aspecto de la imagen		1,33	1,33
	Relación de aspecto del píxel		1	1
Salida				
Tipo de Archivo			JPG	JPG
			JPG	JPG

Anexo 3: Configuración de las escenas en V-Ray.

GEOMETRIA				RENDER 1	RENDER 2	RENDER 3	RENDER 4
Cuenta con herramientas para construir la geometría de los objetos, pero es mas practico importar los objetos de otros modeladores Los objetos se convierten en superficies al ser importados Unidades en centímetros Orientar los objetos con respecto al norte geográfico Agrupar los objetos de acuerdo al material de acabado				Opc. Pred.	Opc. Mod.	Opc. Mod.	Opc. Mod.
ILUMINACIÓN							
Fecha, Tiempo y Localización							
Localización							
Posición Global		Latitud		6.2	6.2	6.2	6.2
		Longitud		-75	-75	-75	-75
		Zona Horaria		-5	-5	-5	-5
Tiempo y Fecha		Fecha		21-jun	21-jun	21-jun	21-jun
		Hora		16:00:00	16:00:00	16:00:00	16:00:00
Orientación		Norte		0.0	0.0	0.0	0.0
Localización del terreno		Abierto		Selección	Selección	Selección	Selección
		Rural					
		Suburbano					
		Urbano					
Herramientas de localización		Encontrar					
		Mapa					
		Cargar datos climatológicos					
MATERIALES							
Tipo de elemento							
Primario							
Techo							
Piso							Selección
Cielo							
Muro				Selección	Selección	Selección	Selección
Partición							
Ventana							
Panel							
Puerta							
Punto							
Altavoz							
Luz							
aparato							
Linea							
Colector Solar							
cámara							
Vacío (Sin especificaciones)							
Alternativo							
Iguales tipos al primario				Por defecto	Por defecto	Por defecto	Por defecto
Materiales							
Propiedades							
Nombre				Ladrillo enyesa	Estuco	Muro Pintado	Varios
Descripción				Por defecto	Por defecto	Por defecto	Por defecto
Tipo de elemento				Muro	Muro	Muro	Varios
Unidades de medida				m2	m2	m2	m2
Datos económicos y ambientales		No pertinentes para la investigación					
Datos térmicos y acústicos		No pertinentes para la investigación					
Datos de iluminación		Reflectancia	Valor entre 0 y 1				
		Interna		0.90	0.85	1.0	1.0
		Externa		0.75	0.85	1.0	1.0
Color		RGB					
		Interna		230/230/230	216/216/216	255/255/255	255/255/255
		Externa		191/191/191	216/216/216	255/255/255	255/255/255
Emisividad		0 - 1		0	0	0	0
Especularidad		0 - 1		0	0	0	0
Rugosidad		0 - 1					
Capas							
Nombre de la capa				0	0	0	0
		Ancho		3 capas	3 capas	3 capas	3 capas
		Densidad		Por defecto	Por defecto	Por defecto	Por defecto
		Calor específico		Por defecto	Por defecto	Por defecto	Por defecto
		Conductividad		Por defecto	Por defecto	Por defecto	Por defecto
		Tramado		Por defecto	Por defecto	Por defecto	Por defecto
Datos acústicos		No pertinentes para la investigación					

Anexo 3: Configuración de las escenas en V-Ray.

REJA DE ANALISIS				
Ajuste de la extensión de la rejilla de análisis				
Información de la rejilla				
Posición	X/Y/Z	Gráficamente	Gráficamente	Gráficamente
Tamaño	X/Y/Z	Gráficamente	Gráficamente	Gráficamente
Células	X/Y/Z	Gráficamente	Gráficamente	Gráficamente
Realizar cálculo				
Configuración del cálculo				
Iluminación de día completa		Selección	Selección	Selección
Iluminación con luz de día y eléctrica				
Calcular la rejilla 3D completa		Activado	Activado	Activado
Precisión				
Baja				
Media				
Alta				
Muy alta				
Completa		Selección	Selección	Selección
Ventana				
Limpia		Selección	Selección	Selección
Medio				
Sucia				
Condiciones del cielo				
Modelo de Iluminación	CIE Nuboso	Selección	Selección	Selección
	CIE Uniforme			
Diseño de iluminación	Calcular desde la Fórmula de Tregenza	Selección	Selección	Selección
	Calcular desde el modelo de latitud			
Datos de la rejilla y escala				
	Mínimo	Por efecto	Por efecto	Por efecto
	Máximo	Por efecto	Por efecto	Por efecto
	Contorno	Por efecto	Por efecto	Por efecto
Factor de luz de día		Selección	Selección	Selección
Niveles de iluminación de luz de día				
Niveles de luz eléctrica				
Niveles de luz global				
Vector de iluminación				
ESCENA				
Cámara				
Posición	Gráficamente en pantalla	x/y/z	x/y/z	x/y/z
Objetivo	Gráficamente en pantalla	x/y/z	x/y/z	x/y/z
Lente	Predefinido (Wide)	Selección	Selección	Selección
EXPORTACIÓN AL RADIANCE Y GENERACIÓN DE LA IMAGEN				
Opciones de salida				
Guardar archivos por zonas separadamente		Selección	Selección	Selección
Usar DOS 8.3 Filename				
Definición de materiales				
Incluir definición de materiales		Selección	Selección	Selección
Chequear archivos de materiales .rad				
Chequear archivos de número de zonas. Rad				
Definición del cielo				
Sin cielo				
Soleado con sol		Selección	Selección	Selección
Soleado sin sol				
Intermedio con sol				
Intermedio sin sol				
Cielo nuboso				
Cielo uniforme				
Usar el diseño del cielo de Ecotect		Selección	Selección	Selección
Usar ángulos solares de Ecotect		Selección	Selección	Selección
Generación del archivo .RIF				
Incluir las vistas de las cámaras		Selección	Selección	Selección
Tipo de vista	Interior			
	Exterior			
Tipo de imagen	Luminancia (cd)			
	Iluminancia (lux)	Selección	Selección	Selección
	Factor de luz día (%)			
Tamaño de la imagen	x/y	1280/960	1280/960	1280/960
Variedad	Baja			
	Media			
	Alta	Selección	Selección	Selección
Detalle	Baja			
	Media			
	Alta	Selección	Selección	Selección
Calidad	Baja			
	Media			
	Alta	Selección	Selección	Selección
Reflexiones indirectas	0 - 9			
Acción	Solo salvar			
	Ejecutar RadTool	Selección	Selección	Selección
	Render Interactivo			
	Render Final			
	GridPT Iluminancia			

Anexo A4. Calibración de sensores.

En este anexo se detallan los pasos y procedimientos desarrollados para lograr obtener un valor numérico, denominado factor de calibración, que, multiplicado por el dato numérico registrado por cada sensor, generara un resultado muy cercano al dato de referencia medido con un luxómetro calibrado.

Este procedimiento fue necesario, ya que durante las primeras mediciones con los HOBO U12, se detectó que cada uno de estos arrojaba un dato de lectura diferente, a pesar de estar localizado en el mismo lugar y registrando en el mismo tiempo.

El procedimiento se detalla en el texto del anexo, presentando todas las tablas que fueron requeridas para analizar la precisión del factor encontrado y su incidencia en las lecturas globales de iluminancias en el espacio.

1. Observaciones de las mediciones realizadas

A pesar de que existen diferencias considerables en las mediciones de cada uno de los sensores y entre cada uno de estos y el luxómetro, es posible reconocer una tendencia de medición similar entre todas las medidas obtenidas, lo cual indica que los dispositivos usados capturan datos diferentes pero que se encuentran en rangos de medida similar. Esto se observa en las gráficas realizadas, las cuales describen el cambio de los niveles de iluminancia sobre un área dada durante 20 minutos.

De igual manera se observa que las diferencias entre las mediciones de los sensores varían de acuerdo a los niveles de intensidad lumínica medidos; es así como a mayor intensidad lumínica en el punto de análisis, mayor será la diferencia entre las medidas obtenidas con cada uno de los sensores, comparada con la medida obtenida por el luxómetro. Esto revela que la diferencia en las medidas es de tipo exponencial, la cual tenderá a infinito a medida que crece la intensidad del flujo luminoso y a cero a medida que no exista flujo luminoso. Esto es notorio comparando las mediciones realizadas cerca a la ventana (exterior) frente a las obtenidas en el centro del espacio (interior) (fig. A4.1).

Así mismo, este comportamiento es identificable al analizar las mediciones realizadas en diferentes horas del día (7 de enero del 2009). Se observa como en el rango de las 12:40, (medidas entre 1.250 lux - 1.350 lux) la diferencia promedio de la medida obtenida en los sensores con respecto a las medidas del luxómetro es de 103 lux, y en el rango de las 15:40 (medidas entre 1.000 lux - 450 lux) la diferencia promedio es de 53 lux. (fig. A4.2).

De igual manera, si se comparan estas mediciones con las realizadas el día 22 de marzo en franjas horarias similares, se observa como alrededor de las 12:00 M existieron diferencias en las condiciones atmosféricas entre los dos días, lo cual generó que existieran niveles de iluminancia con una diferencia de hasta 540 lux más alto (medida con luxómetro) el 22 de marzo con respecto al 7 de enero, y de 34 lux más alto alrededor de las 16:00 el 7 de enero con respecto al 22 de marzo. (fig. A4.3).

De lo anterior podemos concluir que se obtendrán medidas diferentes en los sensores de acuerdo a tres variables: la posición del punto de análisis (cercanía con respecto a la ventana), la variación de las condiciones atmosféricas (cielo despejado o nublado) y la hora del día (cambio de posición del sol en la bóveda celeste y por ende cambio de la luminancia del cielo). Es por esto que para definir el factor de calibración se tomarán exclusivamente las mediciones realizadas en el interior del espacio y se harán promedio de las mediciones realizadas en distintas franjas horarias con el fin de que el factor hallado pueda servir para ser aplicado a cualquier condición atmosférica u hora del día.

Obtención del factor de calibración

Teniendo en cuenta las observaciones realizadas frente al comportamiento de las medidas registradas por los sensores, se han propuesto dos alternativas de calibración para lograr encontrar el factor multiplicador que permita igualar la medida registrada por cada sensor con respecto a la medida registrada por el luxómetro calibrado según la NIST

2. Alternativa de calibración 1

- **Calibración con respecto a la medida directa del luxómetro.**

Consiste en hallar un factor (valor numérico) que al ser multiplicado por la medida tomada directamente por el sensor de análisis, permita obtener un valor que sea muy cercano a la medida de la iluminancia capturada directamente con el luxómetro.

Este factor, denominado en la investigación, “Factor de calibración” de los sensores, se obtendrá a partir del promedio de las mediciones realizadas durante 20 minutos (aproximadamente 5°) en diferentes momentos del día y para dos días diferentes, ya que en estos lapsos de tiempo se registrarán variaciones en las condiciones atmosféricas y en la posición del sol en la bóveda celeste, con lo cual el factor obtenido podrá dar cuenta de esta variabilidad y facilitara los análisis realizados.

Así mismo, se establecerán rangos de intensidad lumínica dentro de los cuales se observe un comportamiento homogéneo en los sensores y las diferencias en las medidas se encuentren dentro de un rango similar, permitiendo así disminuir el error o las diferencias comparativas.

De acuerdo a las variaciones lumínicas observadas se establecieron tres rangos lumínicos para los cuales se encontraron los factores de multiplicación.

La determinación de este factor de calibración permitirá la utilización de los sensores en diferentes partes del espacio para analizar las diferencias de la distribución lumínica en el espacio, con la garantía de que los datos de análisis estarán en un mismo umbral de medición.

Para la obtención del factor de calibración se establecieron diferentes factores multiplicadores.

- **Factor Directo:** Es el factor de multiplicación que se requiere para que el nivel de iluminancia medido con el sensor minuto a minuto se iguale a la medida del luxómetro.
 - **Factor Promedio:** Es el valor promedio de los factores directos encontrados cada minuto. Este factor será aplicable en cualquier minuto durante el rango temporal de análisis.
 - **Factor según Rango:** Es el factor definido para cada rango de luminosidad. Este será aplicable en cualquier minuto dentro de un rango de luminosidad.
 - **Factor Global:** Es el factor encontrado a partir de los factores según rangos de luminosidad en diferentes días y aplicable para cualquier rango de medida en cualquier minuto.
- Según el análisis que se realice, cualquiera de estos factores podrá ser tomado como factor de calibración para cada sensor.

Nota: A pesar de la validez que pueda tener la utilización del factor de calibración obtenido a partir de mediciones promedio, es importante tener en cuenta que los análisis comparativos que se realizarán con los datos arrojados del cálculo computacional pueden llegar a dificultarse, ya que esos cálculos se realizan a partir de condiciones estandarizadas y parametrizadas en las cuales no se tiene en cuenta la variabilidad de las condiciones atmosféricas propias del lugar. Así mismo el cálculo se realiza para un lugar dado, en una fecha preestablecida y para un instante determinado, con lo cual la utilización de datos promedio puede llegar a desvirtuar las condiciones comparativas y arrojar datos de difícil comparación.

Factor directo y promedio.

Ya que las experimentaciones propuestas en esta investigación están orientadas al análisis de las condiciones lumínicas en el espacio interior, las mediciones para la obtención de los factores multiplicadores se realizaron esencialmente en el centro del espacio, sin embargo también se realizó un ejercicio de mediciones en el exterior, con el fin de analizar la diferencia entre los niveles lumínicos registrados en ambos lugares.

Una de las principales observaciones es la gran diferencia en términos de niveles de iluminación registrados en la ventana (exterior), donde se registraron hasta 6.200 lux, mientras que en el centro del espacio solo se alcanzaron 1.000 lux. (fig. A4.1). De igual manera se observa, como ya se había comentado antes, que las diferencias entre las medidas de los sensores con respecto al luxómetro aumentan considerablemente llegando a ser hasta de 2826 lux en promedio en la ventana, frente a 53 lux en el interior.

Esta gran diferencia es debida a que la iluminación recibida por los sensores colocados en la ventana corresponde a una iluminación directa reflejada de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de bóveda celeste, mientras que la iluminación recibida por los sensores en el interior correspondía a la iluminación esencialmente indirecta generada por las reflexiones de la luz en las paredes interiores y el techo, y muy tangencialmente de la bóveda celeste observable a través de la ventana desde la posición de los sensores.

Algo importante de anotar y que servirá para analizar la calibración de las imágenes fotográficas obtenidas, es que esta gran diferenciación de intensidad lumínica entre las mediciones interiores y exteriores a pesar de ser muy evidente en términos numéricos, era imperceptible desde el punto de vista visual, ya que el ojo se acomodaba rápidamente a los contrastes y era capaz de percibir dentro de un rango muy amplio todas las diferencias lumínicas presentes en un mismo espacio, en cambio los sensores registraban niveles absolutos de intensidades lumínicas dentro de su rango de lectura y precisión.

De los dos días elegidos para hacer los análisis comparativos: Enero 7 de 2009 y Marzo 22 de 2009, se realizaron tablas analíticas, las cuales permitieron encontrar el factor multiplicador directo para cada sensor en cada minuto y el factor promedio resultante de las anteriores. Así mismo se construyeron gráficas que permitieron analizar la incidencia de la aplicación del factor promedio a los datos obtenidos por los sensores (fig. A4.4).

Factor según rango de iluminancia.

Como se había mencionado antes, se establecieron rangos de niveles de iluminancia los cuales quedaron definidos para las condiciones del espacio de estudio y la fecha de análisis así:

- Rango 1. De 400 lux a 1000 lux:
- Rango 2. De 800 lux a 1.200 lux:
- Rango 3. De 1.100 lux a 1.500 lux:

Para el análisis particular de los niveles lumínicos medidos en el espacio se utilizaron los datos obtenidos el 7 de enero del 2009, ya que este día se presentaron mayores variaciones en las condiciones atmosféricas, permitiendo obtener datos para los tres rangos. Estos factores multiplicadores se comparan con los datos obtenidos de las mediciones del 22 de marzo y de allí se extrajeron los **Factores según Rango** (fig. A4.5).

Rango 1

Enero 7 de 2009 entre las 15:40 y las 16:00

Rango de medidas: Luxómetro: de 444 lux a 942 lux Promedio: 668 lux
Sensores: de 390 lux a 1020 lux Promedio: 666 lux

Con la aplicación de estos factores multiplicadores el porcentaje de diferencia nunca excedería el 0.3 %. Lo cual para este rango de medida significa que la diferencia entre la medida encontrada después de aplicar el factor fluctuaría entre ± 2 luxes, lo cual sería imperceptible para este rango de medida.

Rango 2

Enero 7 de 2009 entre las 11:00 y las 11:20

Rango de medidas: Luxómetro: de 791 lux a 1096 lux Promedio: 961 lux
Sensores: de 831 lux a 1225 lux Promedio: 1043 lux

Con la aplicación de estos factores multiplicadores el porcentaje de diferencia nunca excedería el 0.24 %. Lo cual para este rango de medida significa que la diferencia entre la medida encontrada después de aplicar el factor fluctuaría entre ± 3.0 luxes, lo cual sería imperceptible para este rango de medida.

Rango 3

Enero 7 de 2009 entre las 12:40 y las 13:00

Rango de medidas: Luxómetro: de 1282 lux a 1324 lux Promedio: 1306 lux
Sensores: de 1107 lux a 1470 lux Promedio: 1295 lux

Con la aplicación de estos factores multiplicadores el porcentaje de diferencia nunca excedería el 0.01 %. Lo cual para este rango de medida significa que la diferencia entre la medida encontrada después de aplicar el factor fluctuaría entre ± 0.2 luxes, lo cual sería imperceptible.

De los datos tomados y generados y de los rangos preestablecidos se obtuvieron los factores según rango lumínico así:

FACTORES SEGÚN RANGO DE NIVEL			
	RANGO 1	RANGO 2	RANGO 3
	400 lux a 1000 lux	800 lux a 1.200 lux	1.100 lux a 1.500 lux
S1	0,98	0,91	1,01
S2	1,15	1,03	1,16
S3	0,90	0,87	0,90
S4	1,08	0,99	1,10
S5	1,02	0,92	1,03
S6	0,92	0,85	0,91

Factor global

Analizando comparativamente los valores obtenidos para los factores de calibración según rango, se observa que la mayoría se encuentran alrededor de valores cercanos, lo cual indica la posibilidad de hallar un factor multiplicador global a partir del promedio de los factores multiplicadores según el rango de iluminancia. Este factor será aplicable a cada sensor en cualquier instante y para cualquier rango lumínico.

De esta manera los valores para los factores globales quedan así:

FACTOR DE CALIBRACIÓN GLOBAL	
S1	0.97
S2	1.12
S3	0.89
S4	1.06
S5	0.99
S6	0.87

Para ejemplificar la incidencia de la utilización del factor global, podemos observar que al aplicar el factor multiplicador promedio 0.91 al sensor 6 en el Rango 3, la diferencia promedio con la medida del luxómetro es de aproximadamente 2 lux, pero si se aplica el factor global 0.87 (fig. A4.6), esta diferencia aumenta a 59 lux. A pesar del aumento considerable en la diferencia, esta se encuentra en un rango del 4.5 % de diferencia con respecto al promedio de las medidas tomadas con el luxómetro, lo cual es admisible como rango de error.

De igual manera, al utilizar estos factores para analizar su incidencia en las mediciones realizadas el 22 de marzo con el sensor 6, en el Rango 3, nos encontramos que al aplicar el factor multiplicador promedio 0.86, la diferencia promedio con la medida del luxómetro es aproximadamente de 8 lux, si se aplica el factor multiplicador según rango lumínico 0.91, esta diferencia aumenta a 96 lux, y si se aplica el factor multiplicador global 0.87, la diferencia es aproximadamente de 26 lux. En este ejemplo vemos que la diferencia disminuyó y se situó en un 1.7 % aproximadamente.

Al realizar esta misma comparación con el sensor 4 en el Rango 1 para ambos días nos encontramos en los datos tomados el 7 de enero, que al aplicar el factor multiplicador promedio 1.08, la diferencia promedio con la medida del luxómetro es aproximadamente de 2 lux, pero si se aplica el factor global 1.06 esta diferencia aumenta a 13 lux. A pesar del aumento, este se encuentra en un rango del 2 % de diferencia con respecto al promedio de las medidas tomadas con el luxómetro, lo cual es admisible como rango de error.

Por otro lado, al analizar la aplicación de estos factores el 22 de marzo vemos que al aplicar el factor multiplicador promedio 0.99, la diferencia promedio con la medida del luxómetro es aproximadamente de 1 lux, si se aplica el factor multiplicador según rango lumínico 1.08, esta diferencia aumenta a 58 lux, y si se aplica el factor multiplicador global 1.06, la diferencia es aproximadamente de 45 lux. En este ejemplo vemos que la diferencia al aplicar el factor global aumento y se situó en un rango del 7%, que para el rango de medida utilizado es aceptable numéricamente e imperceptible visualmente. (fig. A4.7).

Al analizar los resultados de la aplicación del factor global de calibración, podemos observar que es posible utilizar esta factor en casos de análisis de lecturas promedio en el tiempo, ya que el porcentaje de variación del valor de medida obtenido no supera el 10 % con respecto a las medidas registradas con el luxómetro; pero para hacer análisis en un instante específico de un determinado día, la aplicación del factor global puede llevar a la generación de valores que supera en 10 % la diferencia con respecto a la medida del luxómetro, por lo cual es necesario tener en cuenta esto en el momento de la realización del análisis comparativo con respecto a los cálculos computacionales.

3. Alternativa de calibración 2.

Calibración con respecto a un sensor auxiliar.

La alternativa consiste en seleccionar un sensor y encontrar un factor multiplicador para calibrar cada sensor con respecto al elegido y posteriormente calibrar este sensor con respecto al luxómetro. De esta manera la medida de los niveles lumínicos registrado por cada sensor será multiplicada por dos factores. Esta alternativa servirá para hacer análisis específicos en un determinado momento donde el luxómetro no pueda ser usado como referente inicial.

La expresión matemática que resume esta alternativa es la siguiente:

$$1. \quad MSE = MS(Z) \times (FCSE)$$

Siendo:

MSE: Medida en lux del sensor elegido.

MS(Z) Medida de cualquier sensor

(FCSE): Factor de calibración para igualar la medida del sensor con respecto al sensor Elegido.

$$2. \quad MLUX = MSE \times (FCLUX)$$

Siendo:

MLUX: Medida en lux del luxómetro

MSE: Medida del sensor elegido.

(FCLUX): Factor de calibración para igualar la medida del sensor elegido con respecto al luxómetro.

Remplazando 1 en 2:

$$MLUX = MS(Z) \times (FCSE) \times (FCLUX)$$

Si $(FCSE) \times (FCLUX) = \text{Factor general de calibración (FGC)}$

$$MLUX = MS(Z) \times (FGC).$$

Es decir:

Para igualar la medida de cualquier sensor con respecto al luxómetro es necesario multiplicar la medida registrada por el sensor por un factor global que surge de la multiplicación del factor promedio para igualar la medida con respecto al sensor elegido y el factor promedio para igualar la medida del sensor elegido con respecto al luxómetro.

Para determinar el sensor elegido (SE) se obtuvo un promedio de los factores promedio utilizados para cada sensor en los diferentes momentos que se realizaron las mediciones los días 7 de enero y 22 de marzo. El sensor que se utilizará será aquel cuyo valor promedio de factores se acerque más a 1. De esta manera se tendrá la seguridad de que el error de calibración de los sensores tenderá a disminuirse.

SENSORES	FACTORES DE CALIBRACION						PROMEDIO
	ENERO 7			MARZO 22			
	11:00 - 11:20	12:40 - 13:00	15:40 - 16:00	11:00 - 11:20	12:40 - 13:00	15:40 - 16:00	
S1	0,91	1,01	0,98	1,06	0,89	1,18	1,0042
S2	1,03	1,16	1,15	0,98	1,01	1,13	1,0756
S3	0,87	0,90	0,90	0,94	0,88	1,00	0,9147
S4	0,99	1,10	1,08	0,78	0,76	0,99	0,9490
S5	0,92	1,03	1,02	0,94	0,93	1,10	0,9901
S6	0,85	0,91	0,92	0,86	1,04	1,23	0,9693

En la tabla anterior se observa que el factor promedio de los sensores 1 y 2 es casi 1, lo cual es revelador en el sentido que sugiere la posibilidad de utilizarse la medida dada por el sensor como igual a la del luxómetro calibrado en el caso de la realización de análisis promedio en tiempos largos, sin embargo esta medida para muestras en una fecha u hora determinada es errónea, ya que la medida obtenida por cada luxómetro es variable y pocas veces se acerca a 1. Siguiendo con la selección del sensor elegido, se propone que sea el sensor 2, a pesar de que el factor sea un poco mayor al del sensor 1. Esta elección se debe a que en las gráficas realizadas de las mediciones de los dos días de análisis el sensor 2 presentó mayor estabilidad.

Después de haber seleccionado el sensor elegido (SE) se procede a encontrar el factor multiplicador para cada sensor con respecto al sensor elegido (Ecuación 1). Para esto se utilizan las mismas tablas de la alternativa de calibración 1, reemplazando la medida del luxómetro por la medida del SE(2) (fig. A4.8).

Del ejercicio de calibración de cada uno de los sensores con respecto al sensor elegido en los dos días de análisis, se obtienen los factores multiplicadores promedio por día y por ambos días de análisis. En este caso no se analizarán los factores por rango de iluminación ya que este dato será irrelevante en esta opción (fig. A4.9).

De la tabla anterior se obtienen los factores de calibración generales para cada sensor con respecto al sensor elegido.

FCSE	
S1	0.94
S3	0.85
S4	0.88
S5	0.92
S6	0.90

El FCLUX será único y específico para cada dato o rango de datos utilizados.

Al aplicar las ecuaciones propuestas y graficar los resultados teniendo como sensor de análisis el sensor 6 los días 7 de enero y 22 de marzo entre las 12:40 – 13:00 y el sensor 4 los mismos días entre las 15:40 – 16:00 (fig. A4.10), observamos:

Para el sensor 6 la aplicación del factor global el día 7 de enero arroja una diferencia promedio de 84 lux (6.4%), en cambio la aplicación del factor FCLUX x FCSE arroja una diferencia de 184 lux (14.1 %). Para el día 22 de marzo la aplicación del factor global arroja una diferencia de 226 lux (16.5 %), frente a una diferencia de 175 lux (12.8 %) con la aplicación del Factor FCLUX x FCSE.

Para el sensor 4 la aplicación del factor global el día 7 de enero arroja una diferencia promedio de 14 lux (2.1 %), en cambio la aplicación del factor FCLUX x FCSE arroja una diferencia de 44 lux (6.5 %). Para el día 22 de marzo la aplicación del factor global arroja una diferencia de 45 lux (7.0 %), frente a una diferencia de 3 lux (0.5 %) con la aplicación del factor FCLUX x FCSE.

Del análisis de la aplicación de estas dos alternativas de calibración de los sensores, se deduce que ambos métodos arrojan un porcentaje de diferencia con respecto a la medida del luxómetro calibrado que no supera el 10 % en la mayoría de los casos, por lo tanto es factible usar cualquier método.

El método 2 puede arrojar menos error si se hace un ejercicio de calibración previo a cada medición, sin embargo esto exige dedicar más tiempo en la preparación de los equipos y la interpretación de los datos. Además, considerando la variabilidad de las condiciones atmosféricas, se tendrían que hacer recalibraciones cada que existiese una variación alta en las condiciones lumínicas del espacio.

Conclusión.

Para el análisis de la precisión del cálculo del Ecotec y el Radiance en esta investigación, se usará el método 1, es decir el de aplicación del factor global, ya que facilita los procedimientos y es más preciso que el método 2.

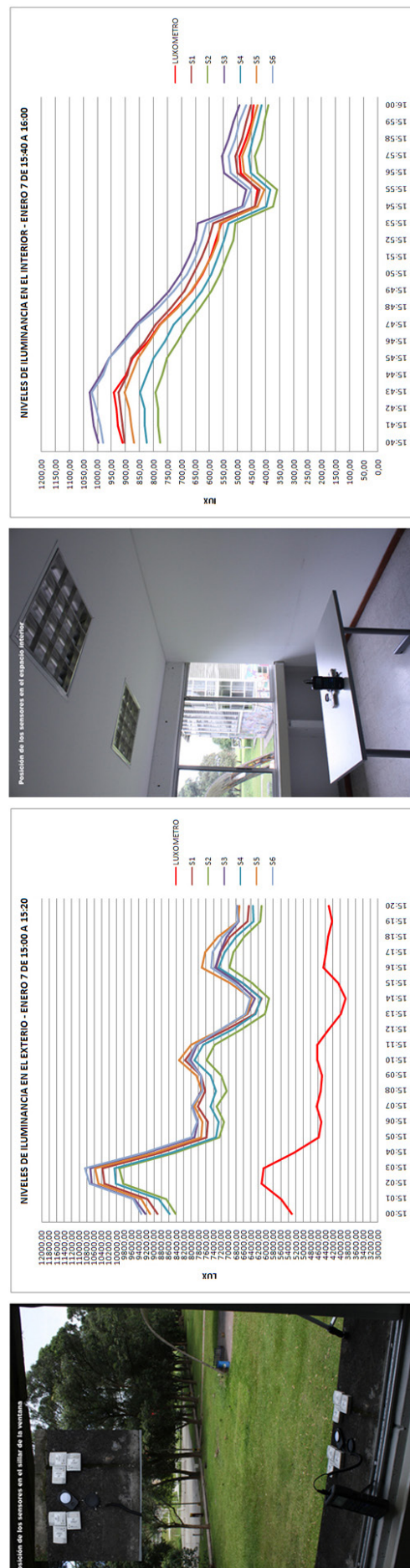


Figura.. A4.1. Se observa que las mediciones de los sensores presentan diferencias de medida, pero dentro de una misma tendencia o comportamiento. A mayor nivel de iluminancia, mayor diferencia entre las medidas.

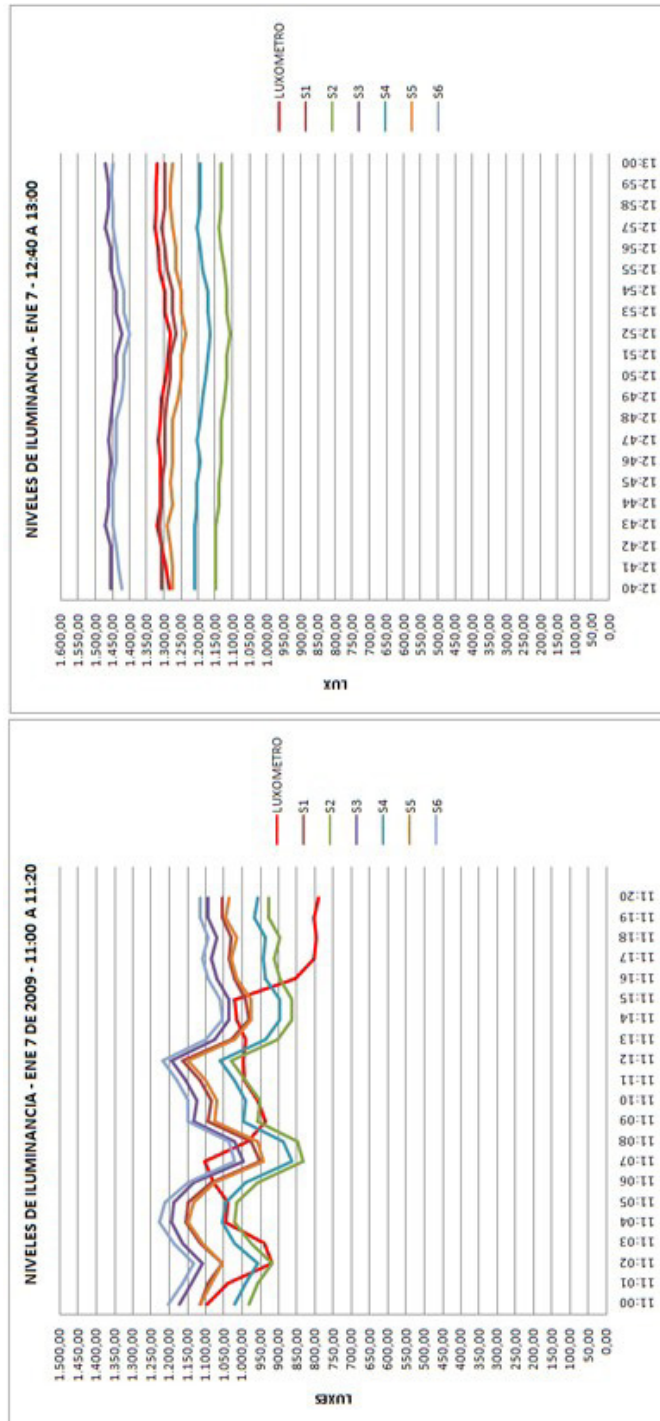
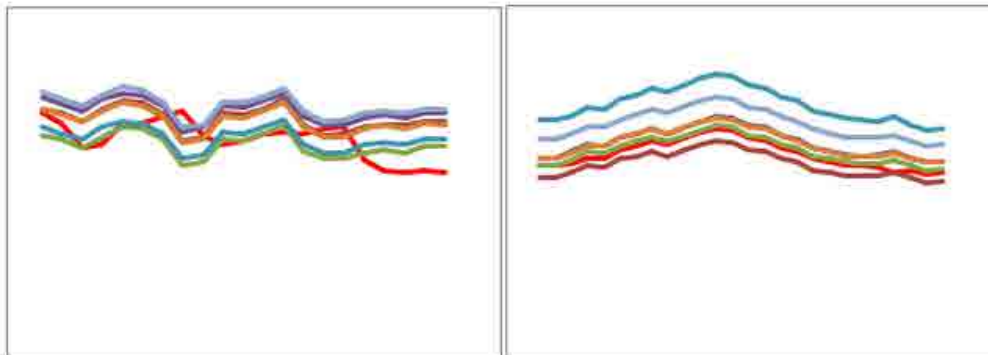


Figura.. A4.2. Diferencia de niveles registrados por los sensores según variación de la hora.

COMPARATIVO DE DATOS DE MEDICIONES DIRECTAS ENTRE DOS DIAS

RANGO HORARIO	ENERO 7: 11:00 - 11:20			MARZO 22: 11:00 - 11:20		
	PROMEDIO	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA	PROMEDIO	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
LUXOMETRO	961,62	0,00	0,00%	1.502,14	0,00	0,00%
S1	1.063,37	101,75	10,58%	1.412,50	-89,64	-5,97%
S2	933,85	-27,77	-2,89%	1.528,50	26,36	1,75%
S3	1.108,03	146,41	15,23%	1.599,10	96,96	6,45%
S4	969,13	7,51	0,78%	1.922,69	420,55	28,00%
S5	1.052,85	91,23	9,49%	1.591,59	89,45	5,95%
S6	1.130,95	169,33	17,61%	1.756,02	253,88	16,90%



RANGO HORARIO	ENERO 7: 15:40 - 16:00			MARZO 22: 15:40 - 16:00		
	PROMEDIO	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA	PROMEDIO	DIFERENCIA	% DE DIFERENCIA
LUXOMETRO	668,71	0,00	0,00%	634,57	0,00	0,00%
S1	677,81	9,10	1,36%	539,29	-95,29	-15,02%
S2	582,08	-86,64	-12,96%	562,20	-72,38	-11,41%
S3	742,77	74,05	11,07%	635,01	0,44	0,07%
S4	618,13	-50,59	-7,56%	641,78	7,21	1,14%
S5	654,18	-14,54	-2,17%	577,20	-57,37	-9,04%
S6	725,49	56,78	8,49%	514,89	-119,69	-18,86%

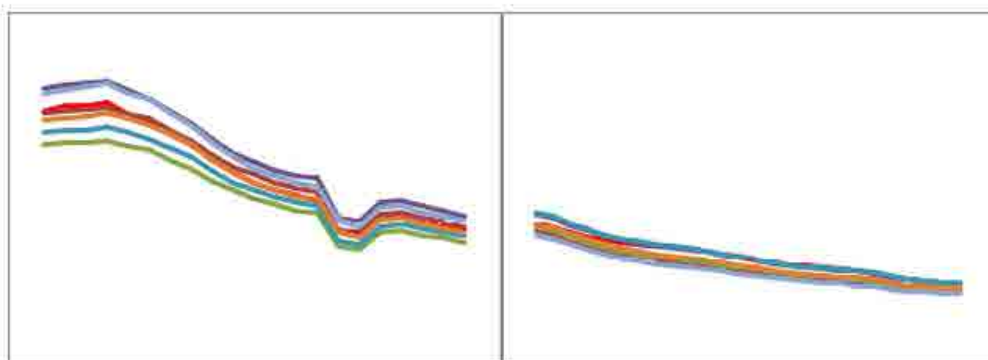


Figura.. A4.3. Diferencia de niveles registrados por los sensores según variación de la fecha.

MARZO 22 - MEDICION EN EL INTERIOR - 11:00 A 11:20 AM

HORA	MEDICIONES DE LOS SENSORES						FACTOR MULTIPLICADOR DE CALIBRACION						VALOR MEDICION SENSORES X FACTOR DE CALIBRACION						
	LUXOMETRO	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1-F	S2-F	S3-F	S4-F	S5-F	S6-F	S1-C	S2-C	S3-C	S4-C	S5-C	S6-C
11:00	1.369,00	1.265,30	1.375,70	1.430,90	1.754,10	1.430,90	1.596,50	1,08	1,00	0,96	0,78	0,96	0,86	1.345,92	1.352,08	1.344,27	1.370,20	1.350,59	1.365,48
11:01	1.370,00	1.265,30	1.375,70	1.438,80	1.754,10	1.430,90	1.596,50	1,08	1,00	0,95	0,78	0,96	0,86	1.345,92	1.352,08	1.344,27	1.370,20	1.350,59	1.365,48
11:02	1.392,00	1.312,60	1.423,00	1.486,10	1.785,70	1.478,20	1.635,90	1,06	0,98	0,94	0,78	0,94	0,85	1.396,24	1.398,57	1.396,13	1.394,89	1.395,23	1.399,18
11:03	1.434,00	1.387,80	1.486,10	1.549,20	1.856,60	1.541,30	1.691,10	1,05	0,96	0,93	0,77	0,93	0,85	1.434,00	1.454,96	1.455,41	1.450,27	1.454,79	1.446,39
11:04	1.435,00	1.359,90	1.470,30	1.541,30	1.840,90	1.533,40	1.691,10	1,06	0,98	0,93	0,78	0,94	0,85	1.446,56	1.445,06	1.447,98	1.438,01	1.447,33	1.446,39
11:05	1.506,00	1.430,90	1.541,30	1.612,20	1.927,60	1.604,30	1.762,00	1,05	0,98	0,93	0,78	0,94	0,85	1.522,08	1.514,84	1.514,59	1.505,73	1.514,25	1.507,03
11:06	1.539,00	1.454,60	1.572,80	1.643,80	1.967,00	1.643,80	1.801,40	1,06	0,98	0,94	0,78	0,94	0,85	1.530,00	1.545,80	1.544,28	1.536,51	1.541,54	1.540,73
11:07	1.580,00	1.486,10	1.604,30	1.675,30	2.014,30	1.675,30	1.840,90	1,06	0,98	0,94	0,78	0,94	0,86	1.580,00	1.576,76	1.573,87	1.573,46	1.581,27	1.574,51
11:08	1.556,00	1.454,60	1.572,80	1.643,80	1.982,80	1.643,80	1.817,20	1,07	0,99	0,95	0,78	0,95	0,86	1.547,29	1.545,80	1.544,28	1.548,85	1.551,54	1.554,24
11:09	1.609,00	1.509,70	1.628,00	1.699,00	2.063,70	1.699,00	1.872,40	1,07	0,99	0,95	0,78	0,95	0,86	1.605,90	1.600,05	1.596,14	1.604,24	1.603,64	1.601,46
11:10	1.646,00	1.548,20	1.667,40	1.746,30	2.101,00	1.738,40	1.919,70	1,06	0,99	0,94	0,78	0,95	0,86	1.647,91	1.638,78	1.640,57	1.641,18	1.640,83	1.641,91
11:11	1.679,00	1.580,70	1.705,80	1.785,70	2.140,40	1.769,90	1.951,20	1,06	0,98	0,94	0,78	0,95	0,86	1.681,42	1.677,50	1.677,59	1.671,96	1.670,56	1.668,85
11:12	1.661,00	1.564,90	1.691,10	1.769,90	2.116,80	1.762,00	1.927,60	1,06	0,98	0,94	0,78	0,94	0,86	1.664,61	1.662,07	1.662,74	1.653,53	1.663,10	1.648,67
11:13	1.650,00	1.559,70	1.628,00	1.706,80	2.045,60	1.691,10	1.864,50	1,06	0,99	0,94	0,78	0,95	0,86	1.665,00	1.660,05	1.663,46	1.598,06	1.596,18	1.594,70
11:14	1.574,00	1.486,10	1.612,20	1.691,10	1.844,70	1.675,30	1.785,70	1,06	0,98	0,93	0,78	0,94	0,85	1.580,79	1.584,52	1.588,71	1.573,46	1.581,27	1.581,19
11:15	1.522,00	1.438,80	1.507,00	1.628,00	1.951,20	1.620,10	1.738,40	1,06	0,98	0,93	0,78	0,94	0,85	1.520,27	1.520,27	1.529,43	1.524,17	1.529,17	1.527,30
11:16	1.489,00	1.407,30	1.525,50	1.596,50	1.911,80	1.580,70	1.738,40	1,06	0,98	0,93	0,78	0,94	0,86	1.496,97	1.499,31	1.499,84	1.493,39	1.491,98	1.486,85
11:17	1.428,00	1.336,30	1.446,70	1.525,50	1.833,00	1.517,60	1.675,30	1,07	0,99	0,94	0,78	0,94	0,85	1.421,45	1.421,86	1.421,86	1.431,84	1.432,42	1.432,88
11:18	1.406,00	1.312,60	1.430,90	1.494,00	1.801,40	1.486,10	1.643,80	1,07	0,98	0,94	0,78	0,95	0,86	1.396,24	1.406,34	1.403,55	1.407,15	1.402,69	1.405,84
11:19	1.377,00	1.289,00	1.399,40	1.462,40	1.769,90	1.454,60	1.612,20	1,07	0,98	0,94	0,78	0,95	0,85	1.371,13	1.375,38	1.373,86	1.382,55	1.373,96	1.378,91
11:20	1.368,00	1.281,10	1.383,60	1.454,60	1.754,10	1.446,70	1.604,30	1,07	0,99	0,94	0,78	0,95	0,85	1.362,73	1.359,85	1.366,53	1.370,20	1.365,50	1.372,15
PROMEDIO	1.502,14	1.412,50	1.528,50	1.599,10	1.922,69	1.591,59	1.756,02	1,06	0,98	0,94	0,78	0,94	0,86	1.502,50	1.502,26	1.502,29	1.501,90	1.502,26	1.501,92
DIFERENCIA		-89,64	26,36	96,96	420,55	89,45	253,88		0,36	0,12	0,15	-0,25	-0,23						
%		-5,97%	1,75%	6,45%	28,00%	5,95%	16,90%		0,024%	0,008%	0,010%	-0,016%	-0,015%					0,008%	-0,015%

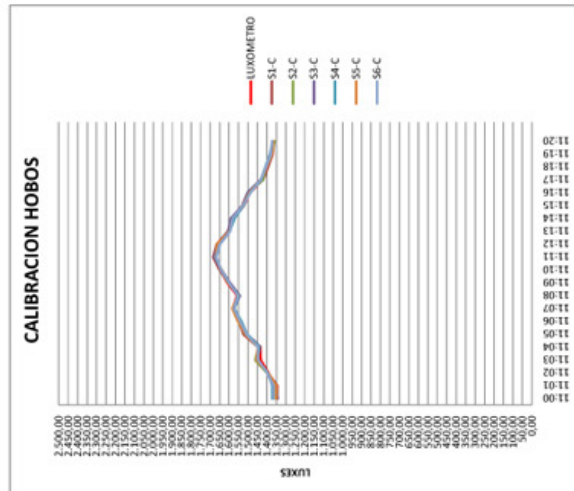
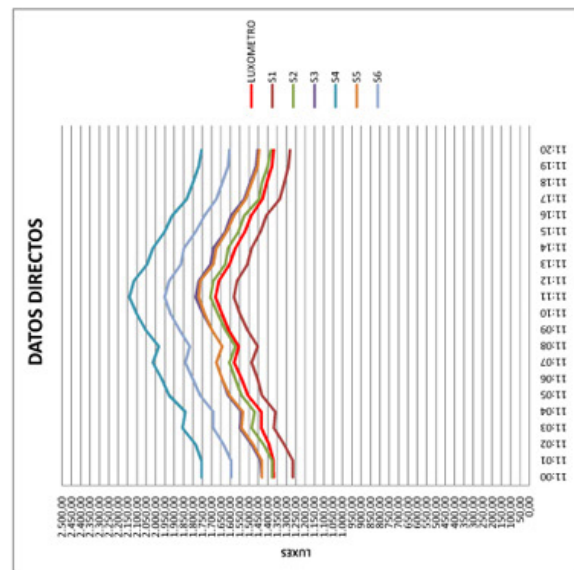
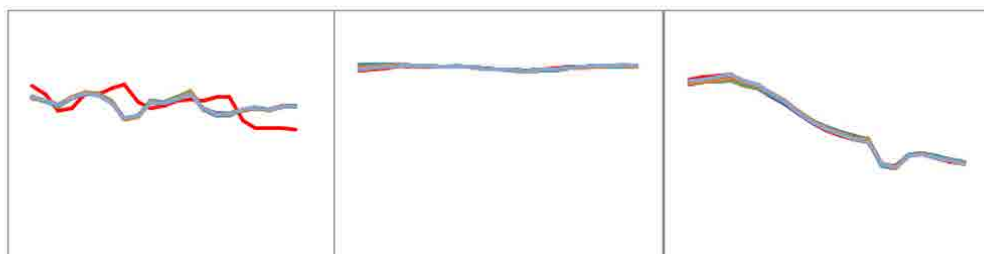


Figura.. A4.4. Gráfica donde se muestra la aplicación del factor de calibración para un conjunto de medidas.

COMPARATIVO DE FACTOR DE CALIBRACION - ENERO 7						
RANGO HORARIO	11:00 - 11:20		12:40 - 13:00		15:40 - 16:00	
	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA
LUXOMETRO	1	0,000%	1	0	1	0,000%
S1	0,91	0,244%	1,01	0,004%	0,98	-0,306%
S2	1,03	0,269%	1,16	0,007%	1,15	-0,299%
S3	0,87	0,180%	0,90	0,000%	0,90	-0,253%
S4	0,99	0,265%	1,10	0,009%	1,08	-0,266%
S5	0,92	0,242%	1,03	0,005%	1,02	-0,122%
S6	0,85	0,186%	0,91	0,002%	0,92	0,089%



COMPARATIVO DE FACTOR DE CALIBRACION - MARZO 22						
RANGO HORARIO	11:00 - 11:20		12:40 - 13:00		15:40 - 16:00	
	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA
LUXOMETRO	1	0,000%	1	0	1	0,000%
S1	1,06	0,024%	0,89	0,013%	1,18	-0,056%
S2	0,98	0,008%	1,01	0,022%	1,13	-0,081%
S3	0,94	0,010%	0,88	0,012%	1,00	-0,109%
S4	0,78	-0,016%	0,76	0,002%	0,99	-0,068%
S5	0,94	0,008%	0,93	0,015%	1,10	-0,057%
S6	0,86	-0,015%	1,04	0,023%	1,23	-0,031%

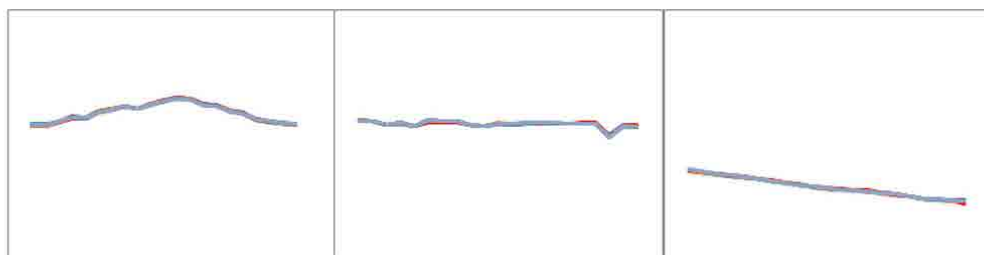


Figura.. A4.5. Cuadro comparativo para la generación de factor según rango lumínico.

HORA	LUXOMETRO	Medida Directa	Factor directo	Rectificación con Factor Promedio	Diferencia	Rectificación con Factor Según rango	Diferencia	Rectificación con Factor Global	Diferencia
11:00	1.369,00	1.596,50	0,86	1.372,99	-3,99	1.452,82	-83,82	1.388,96	-19,95
11:01	1.370,00	1.596,50	0,86	1.372,99	-2,99	1.452,82	-82,82	1.388,96	-18,95
11:02	1.392,00	1.635,90	0,85	1.406,87	-14,87	1.488,67	-96,67	1.423,23	-31,23
11:03	1.434,00	1.691,10	0,85	1.454,35	-20,35	1.538,90	-104,90	1.471,26	-37,26
11:04	1.435,00	1.691,10	0,85	1.454,35	-19,35	1.538,90	-103,90	1.471,26	-36,26
11:05	1.506,00	1.762,00	0,85	1.515,32	-9,32	1.603,42	-97,42	1.532,94	-26,94
11:06	1.539,00	1.801,40	0,85	1.549,20	-10,20	1.639,27	-100,27	1.567,22	-28,22
11:07	1.580,00	1.840,90	0,86	1.583,17	-3,17	1.675,22	-95,22	1.601,58	-21,58
11:08	1.556,00	1.817,20	0,86	1.562,79	-6,79	1.653,65	-97,65	1.580,96	-24,96
11:09	1.609,00	1.872,40	0,86	1.610,26	-1,26	1.703,88	-94,88	1.628,99	-19,99
11:10	1.646,00	1.919,70	0,86	1.650,94	-4,94	1.746,93	-100,93	1.670,14	-24,14
11:11	1.679,00	1.951,20	0,86	1.678,03	0,97	1.775,59	-96,59	1.697,54	-18,54
11:12	1.661,00	1.927,60	0,86	1.657,74	3,26	1.754,12	-93,12	1.677,01	-16,01
11:13	1.605,00	1.864,50	0,86	1.603,47	1,53	1.696,70	-91,70	1.622,12	-17,12
11:14	1.574,00	1.848,70	0,85	1.589,88	-15,88	1.682,32	-108,32	1.608,37	-34,37
11:15	1.522,00	1.785,70	0,85	1.535,70	-13,70	1.624,99	-102,99	1.553,56	-31,56
11:16	1.489,00	1.738,40	0,86	1.495,02	-6,02	1.581,94	-92,94	1.512,41	-23,41
11:17	1.428,00	1.675,30	0,85	1.440,76	-12,76	1.524,52	-96,52	1.457,51	-29,51
11:18	1.406,00	1.643,80	0,86	1.413,67	-7,67	1.495,86	-89,86	1.430,11	-24,11
11:19	1.377,00	1.612,20	0,85	1.386,49	-9,49	1.467,10	-90,10	1.402,61	-25,61
11:20	1.368,00	1.604,30	0,85	1.379,70	-11,70	1.459,91	-91,91	1.395,74	-27,74
			0,86		-8,03		-95,83		-25,59
			Promedio						

Factor Directo	Es el factor de multiplicación que se requiere para que el nivel de iluminación medido con el sensor minuto a minuto se iguale a la medida del	Valor por minuto
Factor Promedio	Es el promedio de los factores directos encontrados cada minuto. Este sería aplicable en cualquier minuto	0,86
Factor según rango	Es el factor definido para cada rango de luminosidad. Este sería aplicable en cualquier minuto dentro de un rango de luminosidad.	0,91
Factor Global	Es el factor encontrado a partir de los factores según rangos de luminosidad en diferentes días y aplicable para cualquier rango de medida en	0,87

ANÁLISIS COMPARATIVO DE APLICACIÓN DE FACTORES MULTIPLICADORES

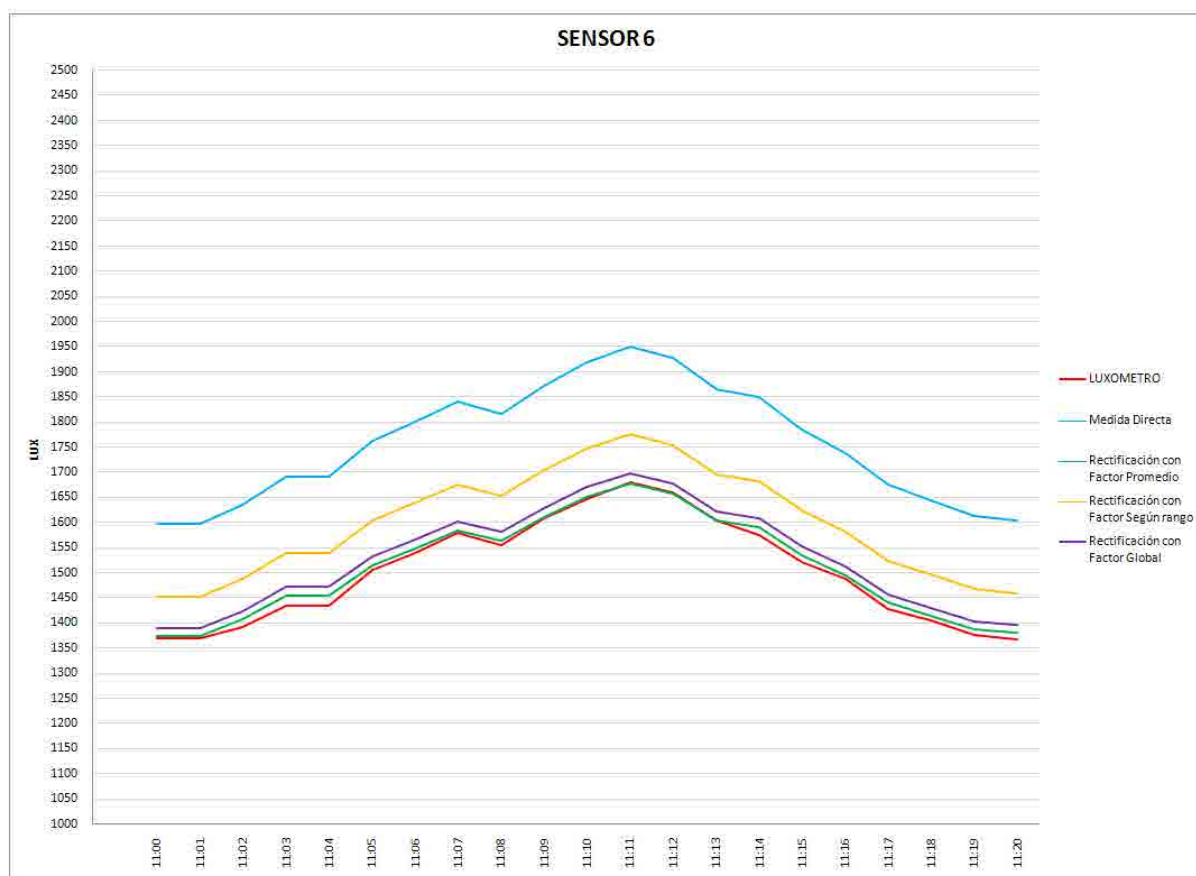


Figura.. A4.6. Gráfico de aplicación del factor global en el sensor 6

HORA	LUXOMETRO	Medida Directa	Factor directo	Rectificación con Factor Promedio	Diferencia	Rectificación con Factor Según rango	Diferencia	Rectificación con Factor Global	Diferencia
15:40	811,00	839,6	0,97	831,20	-20,20	906,77	-95,77	889,98	-78,98
15:41	798,00	816	0,98	807,84	-9,84	881,28	-83,28	864,96	-66,96
15:42	785,00	792,3	0,99	784,38	0,62	855,68	-70,68	839,84	-54,84
15:43	774,00	776,6	1,00	768,83	5,17	838,73	-64,73	823,20	-49,20
15:44	755,00	760,8	0,99	753,19	1,81	821,66	-66,66	806,45	-51,45
15:45	733,00	737,1	0,99	729,73	3,27	796,07	-63,07	781,33	-48,33
15:46	710,00	713,5	1,00	706,37	3,63	770,58	-60,58	756,31	-46,31
15:47	687,00	689,8	1,00	682,90	4,10	744,98	-57,98	731,19	-44,19
15:48	663,00	666,2	1,00	659,54	3,46	719,50	-56,50	706,17	-43,17
15:49	645,00	642,5	1,00	636,08	8,92	693,90	-48,90	681,05	-36,05
15:50	623,00	626,8	0,99	620,53	2,47	676,94	-53,94	664,41	-41,41
15:51	615,00	611	1,01	604,89	10,11	659,88	-44,88	647,66	-32,66
15:52	605,00	603,1	1,00	597,07	7,93	651,35	-46,35	639,29	-34,29
15:53	592,00	587,3	1,01	581,43	10,57	634,28	-42,28	622,54	-30,54
15:54	573,00	571,6	1,00	565,88	7,12	617,33	-44,33	605,90	-32,90
15:55	543,00	555,8	0,98	550,24	-7,24	600,26	-57,26	589,15	-46,15
15:56	518,00	532,2	0,97	526,88	-8,88	574,78	-56,78	564,13	-46,13
15:57	502,00	508,5	0,99	503,42	-1,42	549,18	-47,18	539,01	-37,01
15:58	485,00	492,7	0,98	487,77	-2,77	532,12	-47,12	522,26	-37,26
15:59	476,00	477	1,00	472,23	3,77	515,16	-39,16	505,62	-29,62
16:00	433,00	477	0,91	472,23	-39,23	515,16	-82,16	505,62	-72,62
	634,57		0,99		-0,79		-58,55		-45,72
			Promedio						

Factor Directo	Es el factor de multiplicación que se requiere para que el nivel de iluminancia medido con el sensor minuto a minuto se iguale a la medida del	Valor por minuto
Factor Promedio	Es el promedio de los factores directos encontrados cada minuto. Este sería aplicable en cualquier minuto	0,99
Factor según rango	Es el factor definido para cada rango de luminosidad. Este sería aplicable en cualquier minuto dentro de un rango de luminosidad.	1,08
Factor Global	Es el factor encontrado a partir de los factores según rangos de luminosidad en diferentes días y aplicable para cualquier rango de medida en	1,06

ANÁLISIS COMPARATIVO DE APLICACIÓN DE FACTORES MULTIPLICADORES

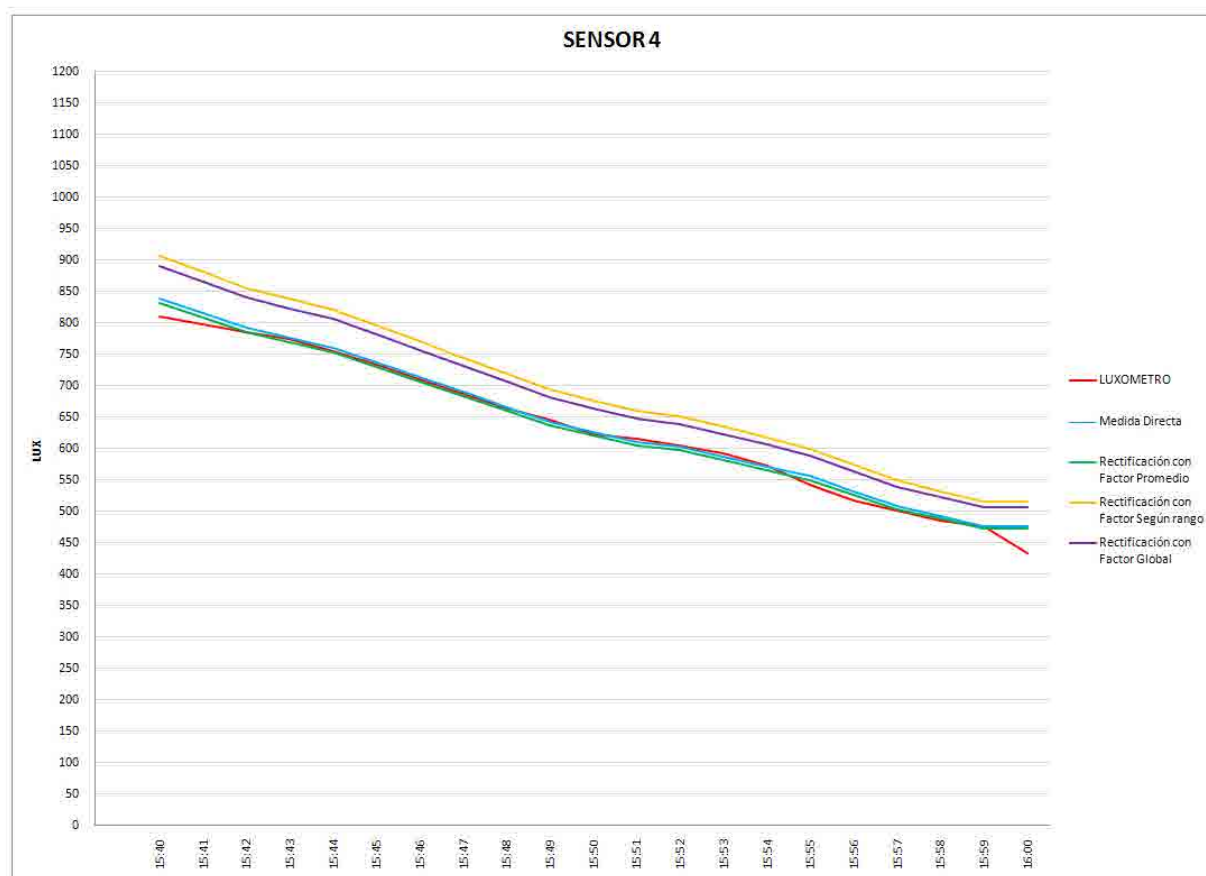


Figura.. A4.7. Gráfico de aplicación del factor global en el sensor 4

ENERO 7 - MEDICION EN EL INTERIOR - 11:00 A 11:20 AM

MEDICIONES DE LOS SENSORES										FACTOR MULTIPLICADOR DE CALIBRACION					VALOR MEDICION SENSORES X FACTOR DE CALIBRACION				
HORA	SE (2)	S1	S3	S4	S5	S6	S1-F	S3-F	S4-F	S5-F	S6-F	HORA	SE (2)	S1-C	S3-C	S4-C	S5-C	S6-C	
11:00	981.50	1.115,60	1.170,70	1.020,90	1.115,60	1.202,30	0,88	0,84	0,96	0,88	0,82	11:00	981.50	979,54	986,28	983,63	989,37	992,41	
11:01	957.90	1.091,60	1.139,20	989,40	1.084,00	1.162,90	0,88	0,84	0,97	0,88	0,82	11:01	957.90	958,73	959,74	963,28	961,34	959,88	
11:02	918.50	1.052,50	1.107,70	957,90	1.052,50	1.131,30	0,87	0,83	0,96	0,87	0,81	11:02	918.50	924,13	933,70	922,93	933,41	933,80	
11:03	973.60	1.115,60	1.162,90	1.003,90	1.107,70	1.186,50	0,87	0,84	0,95	0,86	0,82	11:03	973.60	979,54	979,71	983,63	982,36	979,36	
11:04	1.020,90	1.155,00	1.194,40	1.052,50	1.147,10	1.225,90	0,88	0,85	0,97	0,89	0,83	11:04	1.020,90	1.014,13	1.006,24	1.014,07	1.017,30	1.011,89	
11:05	1.013,10	1.147,10	1.186,50	1.044,60	1.131,30	1.210,20	0,88	0,85	0,97	0,90	0,84	11:05	1.013,10	1.007,19	999,59	1.006,46	1.003,29	998,93	
11:06	957,90	1.084,00	1.131,30	989,40	1.076,10	1.147,10	0,88	0,85	0,97	0,89	0,81	11:06	957,90	951,79	953,08	953,28	954,34	946,84	
11:07	831,70	950,00	997,30	863,30	942,10	1.020,90	0,88	0,83	0,96	0,88	0,81	11:07	831,70	834,13	840,19	831,78	835,30	842,67	
11:08	842,50	973,60	1.020,90	886,90	957,90	1.036,70	0,87	0,83	0,96	0,88	0,82	11:08	842,50	854,86	860,08	854,52	849,51	855,72	
11:09	957,90	1.091,60	1.131,30	997,30	1.076,10	1.147,10	0,88	0,85	0,96	0,89	0,84	11:09	957,90	958,73	953,08	960,89	954,34	946,84	
11:10	950,00	1.084,00	1.123,40	989,40	1.066,20	1.147,10	0,88	0,85	0,96	0,89	0,83	11:10	950,00	951,79	946,43	953,28	947,33	946,84	
11:11	989,40	1.115,60	1.155,00	1.020,90	1.099,80	1.178,60	0,89	0,86	0,97	0,90	0,84	11:11	989,40	979,54	973,05	983,63	975,35	972,84	
11:12	1.028,80	1.162,90	1.194,40	1.060,40	1.147,10	1.218,60	0,88	0,86	0,97	0,90	0,84	11:12	1.028,80	1.021,07	1.006,24	1.017,40	1.017,30	1.005,36	
11:13	902,70	1.028,80	1.076,10	934,20	1.020,90	1.099,80	0,88	0,84	0,97	0,88	0,82	11:13	902,70	903,32	906,58	900,09	905,38	907,80	
11:14	863,30	981,50	1.036,70	894,80	973,60	1.052,50	0,88	0,83	0,96	0,89	0,82	11:14	863,30	861,79	873,19	862,13	863,41	868,76	
11:15	863,30	989,40	1.036,70	894,80	973,60	1.060,40	0,87	0,83	0,96	0,89	0,81	11:15	863,30	868,73	873,39	862,13	863,41	875,28	
11:16	894,80	1.020,90	1.066,20	934,20	1.013,10	1.091,90	0,88	0,84	0,96	0,88	0,82	11:16	894,80	896,39	899,32	900,09	898,46	901,28	
11:17	910,60	1.036,70	1.084,00	942,10	1.026,80	1.107,70	0,88	0,84	0,97	0,89	0,82	11:17	910,60	910,26	913,23	907,70	912,39	914,32	
11:18	894,80	1.028,80	1.066,20	934,20	1.013,10	1.091,90	0,87	0,84	0,96	0,88	0,82	11:18	894,80	903,32	899,32	900,09	898,46	901,28	
11:19	926,30	1.052,50	1.091,90	965,80	1.044,60	1.115,60	0,88	0,85	0,96	0,89	0,83	11:19	926,30	924,13	919,89	930,54	926,40	920,84	
11:20	926,30	1.052,50	1.091,90	957,90	1.036,70	1.115,60	0,88	0,85	0,97	0,89	0,83	11:20	926,30	924,13	919,89	922,93	919,39	920,84	
PROMEDIO DIFERENCIA %	933,85	1.063,37	1.108,03	969,13	1.052,85	1.130,95	0,88	0,84	0,96	0,89	0,81	PROMEDIO DIFERENCIA %	933,85	933,68	933,48	933,75	933,72	933,51	
		13,87%	18,55%	3,25%	1,74%	21,11%								-0,18%	-0,37%	-0,10%	-0,13%	-0,33%	
														-0,018%	-0,039%	-0,010%	-0,016%	-0,036%	

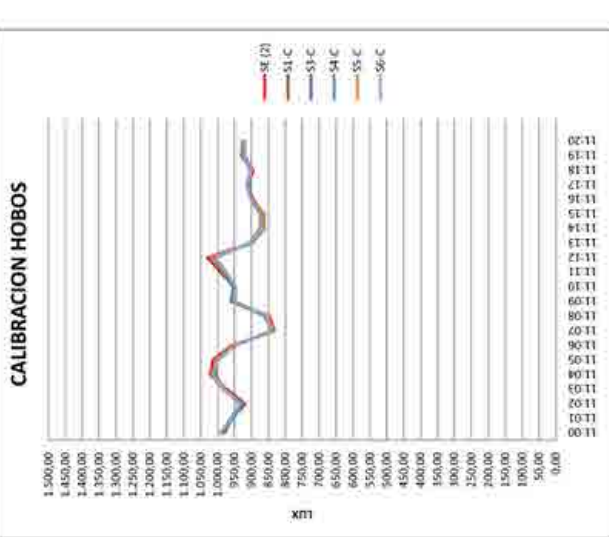
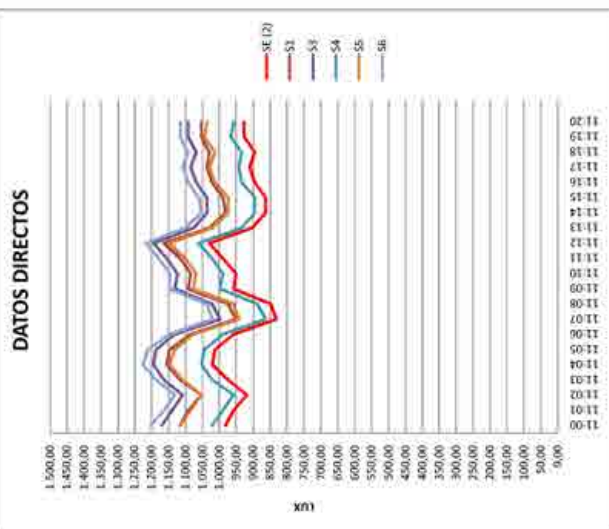


Figura.. A4.8. Aplicación del factor según un sensor auxiliar (SE-Sensor Elegido).

COMPARATIVO DE FACTOR DE CALIBRACION - ENERO 7							
RANGO HORARIO	11:00 - 11:20		12:40 - 13:00		15:40 - 16:00		PROMEDIOS
	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA	
SE (2)	1	0,000%	1	0	1	0,000%	
S1	0,88	-0,018%	0,87	0,000%	0,86	0,000%	0,87
S3	0,84	-0,039%	0,78	0,000%	0,78	0,076%	0,80
S4	0,96	-0,010%	0,95	0,002%	0,94	0,042%	0,95
S5	0,89	-0,014%	0,89	0,002%	0,89	0,202%	0,89
S6	0,83	-0,036%	0,79	0,003%	0,81	0,443%	0,81

COMPARATIVO DE FACTOR DE CALIBRACION - MARZO 22							
RANGO HORARIO	11:00 - 11:20		12:40 - 13:00		15:40 - 16:00		PROMEDIOS
	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA	
SE (2)	1	0,000%	1	0	1	0,000%	1,00
S1	1,08	0,016%	0,88	-0,006%	1,04	0,023%	0,91
S3	0,96	0,002%	0,88	-0,007%	0,89	-0,028%	0,81
S4	0,79	-0,021%	0,75	-0,013%	0,88	0,017%	0,95
S5	0,96	0,000%	0,92	-0,005%	0,97	0,027%	1,00
S6	0,87	-0,020%	1,03	0,001%	1,09	0,051%	

ANALISIS COMPARTIVO FACTORES DE CALIBRACION							
RANGO HORARIO	ENERO 7		MARZO 22		PROMEDIO		
	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA	FACTOR	% DE DIFERENCIA	
SE (2)	1	0,000%	1	0	1	0,000%	0,94
S1	0,88	-0,018%	0,87	-0,006%	0,88	0,000%	0,85
S3	0,84	-0,039%	0,78	-0,007%	0,88	0,076%	0,88
S4	0,96	-0,010%	0,95	0,002%	0,94	0,042%	0,92
S5	0,89	-0,014%	0,89	0,002%	0,89	0,202%	0,90
S6	0,83	-0,036%	0,79	0,003%	0,81	0,443%	

Figura.. A4.9. Comparativos de calibración para SE.

HORA	LUXOMETRO	Medida Directa	Factor directo	Rectificación con Factor Promedio	Diferencia	Rectificación con Factor Global	Diferencia	Medida Directa SE	FCLUX	FCLUX ± FCSE	Rectificación con FCLUX ± FCSE	Diferencia
15:40	391.00	823.90	1.11	893.81	-21.34	873.23	37.67	776.60	1.17	1.03	890.51	68.49
15:41	928.00	831.70	1.12	928.00	23.78	891.60	68.40	784.40	1.18	1.04	885.89	62.32
15:42	923.00	831.70	1.12	898.24	34.76	891.60	51.40	784.40	1.19	1.05	870.55	62.45
15:43	942.00	847.50	1.11	915.30	26.70	898.35	43.65	792.30	1.19	1.05	886.71	55.29
15:44	896.00	823.90	1.09	893.81	-3.89	873.23	24.67	763.70	1.17	1.03	846.99	51.01
15:45	876.00	800.20	1.09	884.22	11.78	848.21	27.79	752.90	1.16	1.02	819.31	56.69
15:46	820.00	760.80	1.08	821.66	-14.66	806.45	13.55	715.50	1.15	1.01	763.44	50.56
15:47	778.00	723.20	1.07	797.64	-9.44	772.96	5.05	691.80	1.14	1.00	732.13	45.27
15:48	720.00	674.10	1.07	728.03	-8.03	714.35	5.45	634.80	1.13	1.00	673.04	46.96
15:49	664.00	626.80	1.06	676.94	-12.94	664.41	-4.41	595.20	1.12	0.98	615.34	48.68
15:50	626.00	595.20	1.05	642.82	-16.82	630.91	-4.91	563.70	1.11	0.98	581.65	44.34
15:51	597.00	571.60	1.04	617.33	-20.33	605.30	-8.30	544.00	1.11	0.97	566.10	49.30
15:52	578.00	547.90	1.05	591.73	-13.73	580.77	-2.77	516.40	1.12	0.98	533.67	38.23
15:53	568.00	532.20	1.05	574.78	-16.78	564.13	-8.13	500.50	1.10	0.97	513.83	44.07
15:54	438.00	398.10	1.10	429.95	8.05	421.99	6.91	374.50	1.17	1.03	409.73	28.27
15:55	428.00	382.40	1.12	412.98	15.01	405.34	22.66	363.70	1.19	1.05	401.63	26.47
15:56	489.00	453.30	1.08	493.66	-4.66	480.50	9.60	423.70	1.14	1.00	453.95	35.05
15:57	493.00	461.20	1.07	498.10	-5.10	488.87	4.23	437.90	1.13	0.99	457.34	35.05
15:58	471.00	445.40	1.06	481.03	-10.03	472.12	-1.12	415.90	1.14	1.00	446.02	24.98
15:59	481.00	423.70	1.05	464.08	-13.08	456.48	-4.48	406.00	1.11	0.98	420.05	30.95
16:00	444.00	413.90	1.07	447.01	-3.01	438.73	5.27	390.20	1.14	1.00	414.45	29.55
	668.71		1.08		1.14		13.50		1.15		624.87	43.75
			Promedio									6.58%

Factor Directo

Es el factor de multiplicación que se requiere para que el nivel de luminancia medido con el sensor

Es el promedio de los factores directos encontrados cada minuto. Este sería aplicable en cualquier

Es el factor encontrado a partir de los factores según rangos de luminosidad en diferentes días y

Factor de Calibración para igualar la medida del Sensor Elegido con respecto al Luxómetro

Factor de Calibración para igualar la medida del sensor con respecto al Sensor Elegido

Valor por minuto

1.09

1.05

Valor por minuto

0.88

ANÁLISIS COMPARATIVO DE APLICACIÓN DE FACTORES MULTIPLICADORES

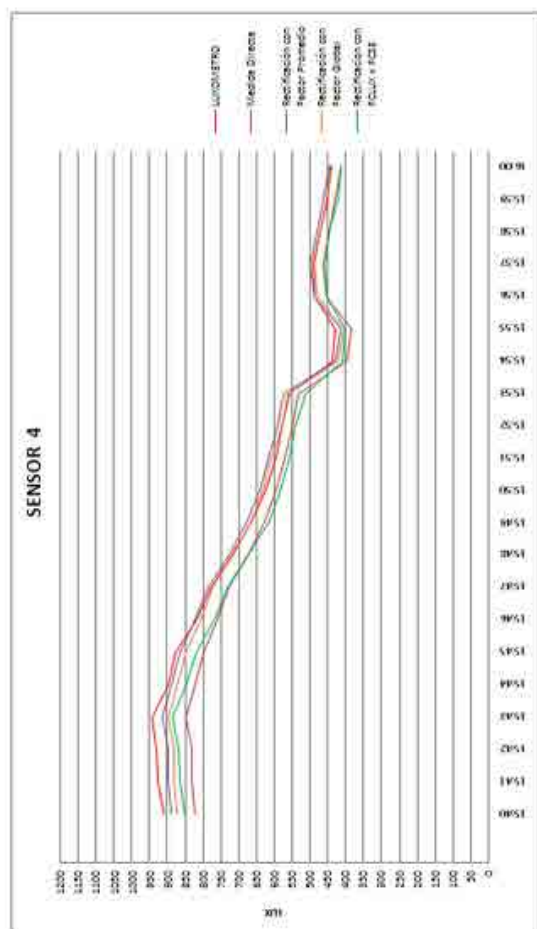


Figura.. A4.10. Grafica comparativa de aplicación de factores encontrados aplicación del factor en sensor

